

Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior  
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Mecànica

Projecte final de carrera

## **Disseny d'una cambra frigorífica al municipi de Seròs**

Autor: Àlex Albà Zapater

Directors: Lluïsa F. Cabeza Fabra

Josep Eras Vilà

Setembre 2013



## ÍNDEX GENERAL



# ÍNDEX GENERAL

1. MEMÒRIA.....	20
1.0 Full d'identificació .....	27
1.1. Objecte .....	28
1.2 Abast.....	28
1.3 Antecedents .....	30
1.3.1 Motivacions.....	30
1.3.2 Estudis previs.....	30
1.3.2.1 Definició de cambra frigorífica .....	30
1.3.2.2 Tipus de cambres frigorífiques .....	32
1.4 Normes i referències .....	34
1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades.....	34
1.4.1.1 Normativa utilitzada en l'elaboració del projecte.....	34
1.4.1.2 Normativa utilitzada en l'elaboració dels plànols .....	34
1.4.1.3. Normativa utilitzada en el disseny del projecte.....	34
1.4.2. Bibliografia .....	36
1.4.2.1. Pàgines web.....	36
1.4.2.2. Llibres .....	36
1.4.3. Recursos informàtics.....	37
1.4.3.1. Software utilitzat en l'elaboració del projecte.....	37
1.4.3.2 Software de càlcul .....	37
1.5. Definicions i abreviatures.....	38
1.5.1. Definicions.....	38
1.5.2. Abreviatures.....	39
1.6. Requisits de disseny .....	41
1.6.1. Introducció .....	41
1.6.2 Requisits funcionals.....	41
1.6.3 Requisits dimensionals i de localització .....	42

1.6.3.1. Recinte interior de la cambra frigorífica .....	42
1.6.3.2. Sala de màquines de la cambra frigorífica .....	43
1.6.3.3. Climatologia del terreny .....	44
1.6.4. Requisits tècnics .....	45
1.6.5. Requisits de viabilitat .....	46
1.6.6. Conclusions dels requisits .....	47
1.7 Anàlisi i solucions .....	47
1.7.1. Dimensions de la cambra frigorífica.....	47
1.7.1.1. Dimensions del recinte interior de la cambra frigorífica .....	47
1.7.1.2. Ubicació de la porta de la cambra frigorífica .....	49
1.7.1.3. Ubicació de la sala de màquines .....	51
1.7.2. Càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica.....	52
1.7.2.1. Introducció .....	52
1.7.2.2. Càrregues tèrmiques .....	54
1.7.2.3. Potència frigorífica requerida a l'evaporador .....	55
1.7.3. Cicle de compressió de vapor. Dades inicials.....	56
1.7.3.1. Introducció .....	56
1.7.3.2. Temperatura d'evaporació.....	58
1.7.3.3. Temperatura de condensació .....	59
1.7.3.4. Relació de compressió.....	60
1.7.4. Fluid frigorigen (refrigerant) .....	61
1.7.4.1. Introducció .....	61
1.7.4.2. Classificació dels fluids frigorígens.....	61
1.7.4.3 Impacte ambiental dels refrigerants .....	62
1.7.4.4. Selecció del refrigerant .....	63
1.7.4.5. Normativa dels fluids frigorígens .....	65
1.7.5. Cicle de compressió de vapor. Representació del cicle .....	65
1.7.5.1. Introducció .....	65
1.7.5.2. Subrefredament .....	66
1.7.5.3. Reescalfament.....	68
1.7.5.4. Intercanviador de calor intermedi (reescalfament i subrefredament combinats) .....	69
1.7.5.5. Cicle frigorífic.....	71
1.7.6. Compressor .....	75

1.7.6.1. Selecció del compressor .....	75
1.7.6.2. Equipament extra del compressor .....	78
1.7.7. Intercanviadors de calor .....	79
1.7.8. Evaporador .....	80
1.7.8.1. Selecció de l'evaporador .....	80
1.7.8.2. Desglaç .....	82
1.7.9. Condensador .....	85
1.7.9.1. Selecció del condensador .....	85
1.7.9.2. Regulació de la capacitat del condensador .....	86
1.7.10. Vàlvula d'expansió .....	87
1.7.11. Altres components .....	89
1.7.11.1. Vàlvula manual .....	89
1.7.11.2. Vàlvula solenoide .....	89
1.7.11.3. Vàlvula equilibradora de pressions .....	90
1.7.11.4. Vàlvula antiretorn .....	91
1.7.11.5. Vàlvules de seguretat .....	92
1.7.11.6. Filtre mecànic .....	92
1.7.11.7. Visor .....	93
1.7.11.8. Filtre deshidratador .....	93
1.7.11.9. Purgador d'aire (o de gasos no condensables) .....	94
1.7.11.10. Manòmetre .....	94
1.7.11.11. Eliminador de vibracions .....	95
1.7.11.12. Recipient separador de líquid .....	95
1.7.11.13. Separador d'oli .....	96
1.7.11.14. Pressòstat .....	97
1.7.11.15. Termòstat .....	98
1.7.11.16. Regulador de pressió a l'admissió .....	98
1.7.12. Disseny de canonades .....	99
1.7.12.1. Introducció .....	99
1.7.12.2. Selecció de canonades .....	101
1.7.12.3. Volum i massa de refrigerant de la instal·lació .....	103
1.7.12.4. Espessor de les canonades .....	104
1.7.13. Aïllament de la cambra frigorífica .....	105

1.7.13.1. Parets i sostre .....	105
1.7.13.2. Terra .....	107
1.7.13.3. Porta .....	107
1.7.13.4. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	108
1.8. Resultats finals .....	110
1.8.1. Dimensions cambra frigorífica .....	110
1.8.1.1. Panel aïllant sandwich .....	110
1.8.1.2. Porta .....	111
1.8.1.3. Terra .....	112
1.8.1.4. Sala de màquines .....	112
1.8.2. Cicle frigorífic.....	112
1.8.2.1. Descripció del cicle .....	112
1.8.2.2. Dades del cicle frigorífic .....	113
1.8.3. Compressor .....	115
1.8.3.1. Característiques tècniques .....	115
1.8.3.2. Equipament opcional del compressor.....	115
1.8.3.3. Dimensions .....	116
1.8.4. Evaporador .....	116
1.8.4.1. Característiques tècniques .....	116
1.8.4.2. Desglaç .....	117
1.8.4.3. Dimensions .....	117
1.8.5. Condensador .....	118
1.8.5.1. Característiques tècniques .....	118
1.8.5.2. Regulador de capacitat del condensador.....	118
1.8.5.3. Dimensions .....	119
1.8.6. Vàlvula d'expansió.....	119
1.8.7. Altres components .....	120
1.8.7.1. Vàlvules manuals.....	121
1.8.7.2. Vàlvula solenoide .....	121
1.8.7.3. Vàlvula equilibradora de pressions .....	123
1.8.7.4. Vàlvula antiretorn .....	123
1.8.7.5. Vàlvula de seguretat.....	124
1.8.7.6. Filtre mecànic .....	124



1.8.7.7. Visor.....	125
1.8.7.8. Filtre deshidratador.....	125
1.8.7.9. Purgador d'aire.....	126
1.8.7.10. Manòmetre .....	126
1.8.7.11. Eliminador de vibracions.....	126
1.8.7.12. Recipient separador de líquid .....	127
1.8.7.13. Separador d'oli .....	127
1.8.7.14. Pressòstat .....	128
1.8.7.15. Termòstat .....	129
1.8.7.16. Canonades.....	129
1.8.7.17. Quadre elèctric de maniobra .....	130
1.8.7.18. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	131
1.8.7.19. Altres (colzes, reduccions, suports... ).....	131
1.8.8. Regulació, control i seguretat de la instal·lació .....	132
1.8.8.2. Regulació del condensador .....	133
1.8.8.3. Regulació de la vàlvula solenoide i el flux de refrigerant.....	133
1.8.8.4. Regulació de l'evaporador.....	133
1.9. Planificació .....	134
2. Annexos.....	137
2.1. Informació sobre els components principals d'una cambra frigorífica.....	141
2.1.1. Compressor .....	141
2.1.1.1. Tipus de compressors.....	141
2.1.1.2. Produccions de fred i característiques mecàniques dels diferents tipus de compressors .....	145
2.1.1.3. Metodologia d'aïllament. Compressors hermètics, semi hermètics i oberts .....	146
2.1.1.4. Regulador de capacitat.....	146
2.1.2. Evaporador.....	148
2.1.2.1. Tipus d'evaporadors.....	148
2.1.2.2 Salt tèrmic a l'evaporador .....	150
2.1.2.3. Control de capacitat de l'evaporador .....	151
2.1.2.4. Desglaç .....	151
2.1.3. Condensador .....	154
2.1.3.1. Tipus de condensadors.....	154

2.1.3.2. Salt tèrmic als condensadors.....	155
2.1.3.3. Control de capacitat dels condensadors .....	155
2.1.4. Vàlvula d'expansió.....	156
2.2 Càlculs.....	158
2.2.1. Càrregues tèrmiques .....	158
2.2.1.1 Requisits i dades de partida .....	158
2.2.1.2. Càrregues tèrmiques per transmissions.....	159
2.2.1.3. Càrregues tèrmiques per serveis.....	160
2.2.1.4. Càrregues tèrmiques per infiltracions.....	160
2.2.1.5. Càrregues tèrmiques degudes al refredament de la fruita.....	162
2.2.1.6. Càrregues tèrmiques degudes a la respiració de la fruita.....	162
2.2.1.7. Càrregues tèrmiques degudes als motors.....	163
2.2.1.8. Càrregues tèrmiques totals .....	163
2.2.2. Cicle frigorífic.....	164
2.2.2.1. Dades de partida .....	164
2.2.2.2. Característiques tècniques de la instal·lació .....	165
2.2.2.3. Rendiments del compressor .....	166
2.2.3. Espessor de l'aïllament.....	167
2.2.3.1. Cost fix.....	167
2.2.3.1. Cost variable.....	168
2.3. Catàlegs dels components.....	171
2.3.1. Compressor .....	171
2.3.2. Condensador .....	178
2.3.3. Evaporador.....	179
2.3.4. Vàlvula d'expansió.....	181
2.3.5. Aïllament .....	184
2.3.5.1. Parets i sostre.....	184
2.3.5.2. Porta .....	187
2.3.5.3. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	189
2.3.6. Visor .....	190
2.3.6.1. Visor de líquid.....	190
2.3.6.2. Visor d'oli.....	190
2.3.7. Filtre mecànic d'aspiració.....	191

2.3.8. Filtre deshidratador.....	191
2.3.9. Recipient de líquid.....	192
2.3.10. Separador d'oli .....	192
2.3.11. Manòmetres.....	193
2.3.12. Quadre elèctric de maniobra .....	194
2.3.13. Canonades i accessoris.....	195
2.3.13.1. Canonades.....	195
2.3.13.2. Abraçaderes per a canonades.....	195
2.4. Detecció d'averies freqüents .....	196
2.4.1. Averies al compressor .....	196
2.4.2. Detecció de funcionament anormal de la instal·lació.....	197
3. Plànols .....	199
4. Plec de condicions .....	211
4.1. Objectiu del plec de condicions .....	215
4.2. Breu descripció del projecte .....	215
4.3. Elements constitutius del projecte .....	216
4.3.1. Compressor .....	216
4.3.2. Evaporador .....	217
4.3.3. Condensador .....	218
4.3.4. Vàlvula d'expansió.....	219
4.3.5. Panel aïllant sandwich.....	220
4.3.6. Porta de la cambra frigorífica.....	221
4.3.7. Vàlvules manuals.....	221
4.3.8. Vàlvula solenoide .....	222
4.3.9. Vàlvula equilibradora de pressions .....	223
4.3.10. Vàlvula antiretorn .....	224
4.3.11. Filtre mecànic.....	224
4.3.12. Visor de líquid.....	225
4.3.13. Visor d'oli.....	225
4.3.14. Filtre deshidratador.....	226
4.3.15. Manòmetres.....	227
4.3.16. Recipient separador de líquid .....	228
4.3.17. Separador d'oli .....	229

4.3.18. Pressòstat.....	230
4.3.19. Termòstat.....	231
4.3.20. Canonades.....	232
4.3.21. Quadre elèctric de maniobra .....	233
4.3.22. Aïllant de la canonada d'aspiració .....	234
4.3.23. Colzes .....	235
4.3.24. Reduccions .....	235
4.3.25. Suport de canonades.....	236
4.3.26. Control de capacitat del condensador .....	237
4.4. Condicions dels materials. Coure .....	238
4.5. Reglamentació aplicable .....	239
4.6. Assajos, proves i revisions prèvies a la posta en marxa de la instal·lació .....	239
4.6.1. Requisits generals. Assajos.....	239
4.6.2. Assaig de resistència a la pressió dels components.....	240
4.6.2.1. Requisits generals.....	240
4.6.2.2. Fluids per a assajos de resistència a la pressió .....	240
4.6.2.3. Criteris d'acceptació.....	240
4.6.3. Assaig de pressió en les canonades dels sistemes de refrigeració .....	241
4.6.3.1. Preparació per la prova .....	241
4.6.3.2. Proves de pressió per a circuits de fluids secundaris.....	242
4.6.3.3. Manòmetres.....	242
4.6.3.4. Reparació d'unions.....	242
4.6.4. Prova d'estanqueïtat.....	243
4.6.5. Certificats .....	243
4.6.6. Control del conjunt de la instal·lació abans de la posada en marxa .....	244
4.6.6.1. Requisits generals.....	244
4.6.6.2. Revisió per empresa frigorista .....	244
4.6.6.3. Comprovació de la documentació dels equips a pressió .....	244
4.6.6.4. Comprovació dels dispositius de seguretat .....	245
4.6.6.5. Comprovació de la canonada de refrigeració .....	245
4.6.6.6. Càrrega del refrigerant.....	245
4.7. Manteniment .....	246
4.8. Condicions de fabricació i muntatge.....	246

4.9. Garantia.....	247
4.10. Condicions de pagament.....	247
4.10.1. Condicions de pagament.....	247
4.10.2. Augment de preus.....	247
4.10.3. Contribució i impost.....	248
4.11. Responsabilitats .....	248
4.12. Criteris per modificacions .....	248
5. Estat de mesuraments.....	250
5.1. Relació de partides.....	253
5.1.1. Partida 1 .....	253
5.1.2. Partida 2 .....	253
5.1.3. Partida 3 .....	254
5.1.4. Partida 4 .....	255
6. Pressupost.....	257
Índex pressupost .....	259
6.1. Avaluació econòmica del projecte .....	260
6.1.1. Costos dels materials i components.....	260
6.1.1.1. Panels aïllants.....	260
6.1.1.2. Components principals.....	260
6.1.1.3. Components secundaris.....	261
6.1.1.4. Canonades i accessoris.....	262
6.1.1.5. Costos totals de material .....	262
6.1.2. Costos de muntatge .....	262
6.1.2.1. Muntatge dels panels aïllants .....	262
6.1.2.2. Muntatge dels components .....	263
6.1.2.3. Construcció de la sala de màquines .....	263
6.1.2.4. Costos totals dels serveis subcontractats .....	263
6.1.3. Pressupost total .....	263

## ÍNDEX IMATGES

Fig. 1.1. Emplaçament de la cambra frigorífica, facilitat pel programa "SIGPAC" .....	28
Fig. 1.2. Imatge de l'exterior d'una cambra frigorífica.....	31
Fig. 1.3. Imatge de l'interior d'una cambra frigorífica .....	32
Fig. 1.4. Imatge d'una sala de màquines d'una instal·lació frigorífica .....	32
Fig. 1.5. Emplaçament de la cambra frigorífica, facilitat pel programa "SIGPAC" .....	43
Fig. 1.6. Portada de la "Guia tècnica de condicions climàtiques" .....	44
Fig. 1.7. Distribució esquemàtica de les diferents zones de la nau industrial. ....	49
Fig. 1.8. Imatge esquemàtica de la distribució de la cambra amb la porta a un costat.....	50
Fig. 1.9. Imatge esquemàtica de la distribució de palets de la cambra amb la porta centrada .	50
Fig.1.10. Imatge esquemàtica de les possibles zones de la sala de màquines .....	51
Fig. 1.11. Elements principals d'una instal·lació frigorífica per compressió de vapor .....	57
Fig. 1.12. Representació del cicle frigorífic en el diagrama de Mollier .....	58
Fig. 1.13. Obtenció del COP amb el programa "bp ciclos" per al R-404A .....	64
Fig. 1.14. Obtenció del COP amb el programa "bp ciclos" per al R-134a.....	64
Fig. 1.15. Selecció del subrefredament amb "Bitzer Software" .....	67
Fig. 1.16. Esquema de dos cicles. Un amb intercanviador de calor intermedi i l'altre sense. ....	69
Fig. 1.17. Incidència de l'intercanviador de calor intermedi en el diagrama de Mollier del refrigerant .....	70
Fig. 1.18. Dades d'entrada al programa "Coolpack" .....	73
Fig. 1.19. Diagrama de Mollier del refrigerant R-134a.....	73
Fig. 1.20. Detall del programa "Bitzer" .....	76
Fig. 1.21. Detall del programa "Scelte32" per a la selecció de l'evaporador.....	82
Fig. 1.22. Detall del programa "Scelte32" per a la selecció del condensador .....	86
Fig. 1.23. Detall d'una vàlvula d'expansió termostàtica .....	88
Fig. 1.24. Parts de la vàlvula termostàtica a escollir .....	88
Fig. 1.25. Muntatge dels eliminadors de vibracions .....	95
Fig. 1.26. Separador d'oli.....	97
Fig. 1.27. Programa "Solkane 8.0" per a la determinació de les canonades .....	103
Fig. 1.28. Diagrama de Mollier del refrigerant R-134a.....	113

Fig. 1.29. Parts de la vàlvula termostàtica a escollir .....	120
Fig. 2.1. Esquema del desglaç per inversió de cicle.....	152
Fig. 2.2. Esquema de desglaç per gas calent .....	153
Fig. 2.3. Imatge del diagrama psicomètric de l'aire, a pressió atmosfèrica.....	161
Fig. 2.4. Dades termodinàmiques de cada punt de la instal·lació frigorífica, obtingudes amb el "Coolpack" .....	165
Fig. 2.5. Fracció d'hores de les diferents zones horàries .....	169

## ÍNDEX TAULES

Taula 1.0. Característiques tèrmiques de conservació dels préssecs, obtingudes amb les diferents fonts de la bibliografia. ....	42
Taula 1.1. Característiques tèrmiques a Lleida. ....	45
Taula 1.2. Condicions climàtiques a Lleida a l'estiu. ....	45
Taula 1.3. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 70mm.....	54
Taula 1.4. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 100mm.....	54
Taula 1.5. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 155mm.....	55
Taula 1.6. Potència frigorífica necessària a l'evaporador .....	55
Taula 1.7. Salt tèrmic a l'evaporador en funció de la humitat relativa de l'aire.....	59
Taula 1.8. Pressió i temperatura a l'evaporador.....	59
Taula 1.9. Pressió i temperatura al condensador .....	60
Taula 1.10. Propietats dels refrigerants R-404A i R-134a .....	63
Taula 1.11. Característiques del cicle segons diferents valors de subrefredament.....	67
Taula 1.12. Dades introduïdes al software "Coolpack" .....	72
Taula 1.13. Pèrdues de càrrega màximes en les diferents canonades .....	72
Taula 1.14. Valors obtinguts pel programa "Coolpack" .....	74
Taula 1.15. Dades de les diferents situacions del refrigerant a la instal·lació frigorífica .....	74
Taula 1.16. Dades introduïdes al "Bitzer Software" .....	75
Taula 1.17. Dades principals obtingudes del "Bitzer Software" .....	76
Taula 1.18. Dades principals obtingudes del "Bitzer Software" amb dos compressors en paral·lel.....	77
Taula 1.19. Comparació de resultats depenent del nombre de compressors en paral·lel .....	77
Taula 1.20. Nombre mínim d'escales de capacitat del compressor .....	78

Taula 1.21. Dades d'entrada al programa "Scelte32" .....	81
Taula 1.22. Característiques tècniques principals de l'evaporador .....	81
Taula 1.23. Dades d'entrada al "Scelte 32" per dissenyar el condensador .....	85
Taula 1.24. Característiques tècniques principals del condensador .....	85
Taula 1.25. Característiques tècniques de la vàlvula d'expansió termostàtica .....	89
Taula 1.26. Singularitats de cada tram de canonada .....	102
Taula 1.27. Longitud equivalent de cada tram de canonada .....	102
Taula 1.28. Diàmetres de les canonades.....	102
Taula 1.29. Volum total de refrigerant.....	103
Taula 1.30. Espessor de les canonades .....	104
Taula 1.31. Preu dels diferents panels i cost total d'aquests (cost fix) .....	105
Taula 1.32. Cost elèctric durant 15 anys, depenent de l'espessor de l'aïllant.....	106
Taula 1.33. Espessors mínims d'aïllament de canonades i accessoris situats en exteriors d'edificis (RITE 07) .....	109
Taula 1.34. Dimensions exteriors de la cambra frigorífica.....	111
Taula 1.35. Dimensions de la porta.....	111
Taula 1.36. Característiques tècniques de la instal·lació .....	114
Taula 1.37. Dades de les diferents situacions del refrigerant a la instal·lació frigorífica .....	114
Taula 1.38. Característiques tècniques del compressor .....	115
Taula 1.39. Referències de l'equipament opcional del compressor .....	116
Taula 1.40. Característiques tècniques de l'evaporador.....	117
Taula 1.41. Característiques tècniques del condensador .....	118
Taula 1.42. Característiques tècniques del regulador de capacitat del condensador .....	119
Taula 1.43. Característiques tècniques de la vàlvula d'expansió termostàtica .....	120
Taula 1.44. Característiques tècniques de les diferents vàlvules de bola a instal·lar .....	121
Taula 1.45. Característiques tècniques de la vàlvula solenoide.....	122
Taula 1.46. Característiques tècniques de la bobina para solenoides .....	123
Taula 1.47. Cabals d'aire depenent de la diferència de pressions segons el tipus de vàlvula equilibradora de pressions.....	123
Taula 1.48. Característiques tècniques de les vàlvules antiretorn.....	124
Taula 1.49. Característiques del filtre mecànic de l'aspiració.....	124
Taula 1.50. Característiques del visor de líquid .....	125
Taula 1.51. Característiques del visor d'oli .....	125
Taula 1.52. Característiques tècniques del filtre deshidratador .....	126



Taula 1.53. Referències dels manòmetres .....	126
Taula 1.54. Característiques tècniques del recipient de líquid .....	127
Taula 1.55. Característiques tècniques del separador d'oli .....	128
Taula 1.56. Característiques tècniques del pressòstat combinat .....	128
Taula 1.57. Característiques tècniques del controlador de temperatura .....	129
Taula 1.58. Característiques tècniques de les canonades.....	129
Taula 1.59. Característiques tècniques del quadre de maniobra .....	131
Taula 1.60. Característiques tècniques de l'aïllament de l'aspiració .....	131
Taula 1.61. Característiques tècniques dels colzes i reduccions.....	132
Taula 1.62. Característiques tècniques dels suports de les canonades .....	132
Taula 1.63. Planificació de les operacions amb el diagrama de Gantt.....	135
Taula 2.1. Relació entre humitat relativa i diferència de temperatures a l'evaporador .....	151
Taula 2.2. Requisits i dades de partida per als càlculs de les càrregues tèrmiques.....	158
Taula 2.3. Coeficient de transferència de calor, en funció de l'espessor de l'aïllant.....	159
Taula 2.4. Calor de transmissió, per diferents tipus d'espessors d'aïllant.....	159
Taula 2.5. Dades de partida i dades extrems del diagrama psicomètric de l'aire .....	161
Taula 2.6. Calor generada als motors en funció de l'espessor de l'aïllant.....	163
Taula 2.7. Càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica en funció de l'espessor de l'aïllant .	163
Taula 2.8. Dades de partida del cicle frigorífic .....	164
Taula 2.9. Preu dels diferents panels i cost total d'aquests.....	167
Taula 2.10. Calor a eliminar de la cambra anualment, depenent de l'espessor de l'aïllant .....	168
Taula 2.11. Consum elèctric anual, depenent de l'espessor de l'aïllant.....	168
Taula 2.12. Cost de l'electricitat depenent de la zona horària .....	169
Taula 2.13. Consum anual d'electricitat depenent de l'espessor de l'aïllant .....	169
Taula 2.14. Cost elèctric durant 15 anys, depenent de l'espessor de l'aïllant.....	170
Taula 2.15. Detecció d'averies al compressor.....	197
Taula 2.16. Detecció de funcionament anormal de la instal·lació .....	197
Taula 4.1. Composició química del coure desoxidat.....	238
Taula 4.2. Característiques mecàniques del coure .....	238
Taula 5.1. Partida 1. Aïllament .....	253
Taula 5.2. Partida 2. Components principals .....	254
Taula 5.3. Partida 3. Components secundaris.....	255
Taula 5.4. Partida 4. Canonades i accessoris.....	255

Taula 6.1. Cost dels panels aïllants.....	260
Taula 6.2. Cost dels components principals.....	261
Taula 6.3. Cost dels components secundaris .....	261
Taula 6.4. Cost de les canonades i accessoris .....	262
Taula 6.5. Costos totals de material.....	262
Taula 6.6. Costos de muntatge dels panels aïllants .....	262
Taula 6.7. Costos de muntatge dels components .....	263
Taula 6.8. Costos totals dels serveis subcontractats.....	263
Taula 6.9. Pressupost total.....	263



# 1. MEMÒRIA



# Índex memòria

1.0 Full d'identificació .....	27
1.1. Objecte .....	28
1.2 Abast.....	28
1.3 Antecedents .....	30
1.3.1 Motivacions.....	30
1.3.2 Estudis previs.....	30
1.3.2.1 Definició de cambra frigorífica .....	30
1.3.2.2 Tipus de cambres frigorífiques .....	32
1.4 Normes i referències .....	34
1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades.....	34
1.4.1.1 Normativa utilitzada en l'elaboració del projecte.....	34
1.4.1.2 Normativa utilitzada en l'elaboració dels plànols .....	34
1.4.1.3. Normativa utilitzada en el disseny del projecte.....	34
1.4.2. Bibliografia .....	36
1.4.2.1. Pàgines web.....	36
1.4.2.2. Llibres .....	36
1.4.3. Recursos informàtics .....	37
1.4.3.1. Software utilitzat en l'elaboració del projecte.....	37
1.4.3.2 Software de càlcul .....	37
1.5. Definicions i abreviatures.....	38
1.5.1. Definicions.....	38
1.5.2. Abreviatures .....	39
1.6. Requisits de disseny .....	41
1.6.1. Introducció .....	41
1.6.2 Requisits funcionals.....	41
1.6.3 Requisits dimensionals i de localització .....	42
1.6.3.1. Recinte interior de la cambra frigorífica .....	42
1.6.3.2. Sala de màquines de la cambra frigorífica .....	43
1.6.3.3. Climatologia del terreny.....	44
1.6.4. Requisits tècnics .....	45
1.6.5. Requisits de viabilitat .....	46

1.6.6. Conclusions dels requisits .....	47
1.7 Anàlisi i solucions .....	47
1.7.1. Dimensions de la cambra frigorífica.....	47
1.7.1.1. Dimensions del recinte interior de la cambra frigorífica .....	47
1.7.1.2. Ubicació de la porta de la cambra frigorífica .....	49
1.7.1.3. Ubicació de la sala de màquines .....	51
1.7.2. Càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica.....	52
1.7.2.1. Introducció .....	52
1.7.2.2. Càrregues tèrmiques .....	54
1.7.2.3. Potència frigorífica requerida a l'evaporador .....	55
1.7.3. Cicle de compressió de vapor. Dades inicials.....	56
1.7.3.1. Introducció .....	56
1.7.3.2. Temperatura d'evaporació.....	58
1.7.3.3. Temperatura de condensació .....	59
1.7.3.4. Relació de compressió.....	60
1.7.4. Fluid frigorigen (refrigerant) .....	61
1.7.4.1. Introducció .....	61
1.7.4.2. Classificació dels fluids frigorígens.....	61
1.7.4.3. Impacte ambiental dels refrigerants .....	62
1.7.4.4. Selecció del refrigerant .....	63
1.7.4.5. Normativa dels fluids frigorígens .....	65
1.7.5. Cicle de compressió de vapor. Representació del cicle .....	65
1.7.5.1. Introducció .....	65
1.7.5.2. Subrefredament .....	66
1.7.5.3. Reescalfament.....	68
1.7.5.4. Intercanviador de calor intermedi (reescalfament i subrefredament combinats) 69	
1.7.5.5. Cicle frigorífic.....	71
1.7.6. Compressor .....	75
1.7.6.1. Selecció del compressor.....	75
1.7.6.2. Equipament extra del compressor .....	78
1.7.7. Intercanviadors de calor.....	79
1.7.8. Evaporador .....	80
1.7.8.1. Selecció de l'evaporador .....	80

1.7.8.2. Desglaç .....	82
1.7.9. Condensador .....	85
1.7.9.1. Selecció del condensador .....	85
1.7.9.2. Regulació de la capacitat del condensador .....	86
1.7.10. Vàlvula d'expansió .....	87
1.7.11. Altres components .....	89
1.7.11.1. Vàlvula manual .....	89
1.7.11.2. Vàlvula solenoide .....	89
1.7.11.3. Vàlvula equilibradora de pressions .....	90
1.7.11.4. Vàlvula antiretorn .....	91
1.7.11.5. Vàlvules de seguretat .....	92
1.7.11.6. Filtre mecànic .....	92
1.7.11.7. Visor .....	93
1.7.11.8. Filtre deshidratador .....	93
1.7.11.9. Purgador d'aire (o de gasos no condensables) .....	94
1.7.11.10. Manòmetre .....	94
1.7.11.11. Eliminador de vibracions .....	95
1.7.11.12. Recipient separador de líquid .....	95
1.7.11.13. Separador d'oli .....	96
1.7.11.14. Pressòstat .....	97
1.7.11.15. Termòstat .....	98
1.7.11.16. Regulador de pressió a l'admissió .....	98
1.7.12. Disseny de canonades .....	99
1.7.12.1. Introducció .....	99
1.7.12.2. Selecció de canonades .....	101
1.7.12.3. Volum i massa de refrigerant de la instal·lació .....	103
1.7.12.4. Espessor de les canonades .....	104
1.7.13. Aïllament de la cambra frigorífica .....	105
1.7.13.1. Parets i sostre .....	105
1.7.13.2. Terra .....	107
1.7.13.3. Porta .....	107
1.7.13.4. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	108
1.8. Resultats finals .....	110



1.8.1. Dimensions cambra frigorífica .....	110
1.8.1.1. Panel aïllant sandwich .....	110
1.8.1.2. Porta .....	111
1.8.1.3. Terra .....	112
1.8.1.4. Sala de màquines .....	112
1.8.2. Cicle frigorífic.....	112
1.8.2.1. Descripció del cicle .....	112
1.8.2.2. Dades del cicle frigorífic .....	113
1.8.3. Compressor .....	115
1.8.3.1. Característiques tècniques .....	115
1.8.3.2. Equipament opcional del compressor.....	115
1.8.3.3. Dimensions .....	116
1.8.4. Evaporador .....	116
1.8.4.1. Característiques tècniques .....	116
1.8.4.2. Desglaç .....	117
1.8.4.3. Dimensions .....	117
1.8.5. Condensador .....	118
1.8.5.1. Característiques tècniques .....	118
1.8.5.2. Regulador de capacitat del condensador.....	118
1.8.5.3. Dimensions .....	119
1.8.6. Vàlvula d'expansió.....	119
1.8.7. Altres components .....	120
1.8.7.1. Vàlvules manuals.....	121
1.8.7.2. Vàlvula solenoide .....	121
1.8.7.3. Vàlvula equilibradora de pressions .....	123
1.8.7.4. Vàlvula antiretorn .....	123
1.8.7.5. Vàlvula de seguretat.....	124
1.8.7.6. Filtre mecànic .....	124
1.8.7.7. Visor.....	125
1.8.7.8. Filtre deshidratador.....	125
1.8.7.9. Purgador d'aire.....	126
1.8.7.10. Manòmetre .....	126
1.8.7.11. Eliminador de vibracions.....	126

1.8.7.12. Recipient separador de líquid .....	127
1.8.7.13. Separador d'oli .....	127
1.8.7.14. Pressòstat .....	128
1.8.7.15. Termòstat .....	129
1.8.7.16. Canonades .....	129
1.8.7.17. Quadre elèctric de maniobra .....	130
1.8.7.18. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	131
1.8.7.19. Altres (colzes, reduccions, suports...).....	131
1.8.8. Regulació, control i seguretat de la instal·lació .....	132
1.8.8.2. Regulació del condensador .....	133
1.8.8.3. Regulació de la vàlvula solenoide i el flux de refrigerant.....	133
1.8.8.4. Regulació de l'evaporador.....	133
1.9. Planificació .....	134

## **1.0 Full d'identificació**

### **Títol del projecte**

Disseny d'una cambra frigorífica al municipi de Seròs.

### **Emplaçament del projecte**

Seròs (Lleida), polígon 10, parcel·la 60, recinte 13.

### **Dades dels tutors**

Nom i cognoms: Dra. Lluïsa F. Cabeza Fabra

Departament: Departament d'informàtica i enginyeria industrial (DIEI)

Correu electrònic: lcabeza@diei.udl.cat

Nom i cognoms: Josep Eras Vilà.

Adreça: C/ Jaume II, Escola Politècnica Superior, Despatx 1.06

Correu electrònic: jeras@diei.udl.cat

### **Dades de l'autor**

Nom i cognoms: Àlex Albà Zapater.

DNI: 47900482-S

Adreça: C/ Enginyer nº 50, Seròs.

Correu electrònic: aaz1@alumnes.udl.cat

## 1.1. Objecte

El present projecte tracta del disseny, per a la posterior construcció, d'una cambra frigorífica destinada al refredament de la fruita recent recol·lectada.

El principal objectiu d'aquesta cambra es poder conservar la fruita freda durant pocs dies (normalment inferior a una setmana) per poder-la distribuir arreu d'Espanya quan convingui, tot i que també té com a avantatge que el propietari pot recol·lectar els fruits durant els dies festius (dies en que els magatzems de fruita estan tancats) i guardar-los en bones condicions tèrmiques. És pràcticament obligatori entrar la fruita freda (temperatures properes als 0°C) en l'interior dels camions. Tot i que els camions porten equipats sistemes de fred per mantenir la fruita en bones condicions durant el viatge, no disposen de la suficient potència frigorífica per poder refredar la fruita.

### Emplaçament

La cambra en qüestió ha d'estar situada a la localitat de Seròs (Lleida). En concret, estarà situada al polígon 10, parcel·la 60, recinte 13. En aquesta parcel·la hi ha un magatzem (construït anteriorment) i és a l'interior d'aquest on estarà situada la cambra frigorífica. La següent imatge (Fig. 1.1) mostra una part de la distribució parcel·lària de Seròs i s'ha marcat, amb una creu, on estarà ubicada la cambra frigorífica.



*Fig. 1.1. Emplaçament de la cambra frigorífica, facilitat pel programa "SIGPAC"*

## 1.2 Abast

El projecte tractarà de l'estudi de les necessitats del client i el disseny i selecció del tipus de components (maquinària, aïllament de la cambra, xarxa de canonades...) per aconseguir la producció de fred. Tractarà exclusivament de dissenyar la instal·lació el més econòmica possible (tan des del punt de vista de la inversió inicial com del consum elèctric) partint d'unes necessitats determinades de potència frigorífica. Es podria estructurar el projecte de la següent manera:

1. Càlcul de les càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica. Partint de les necessitats del client (kilograms de fruita, dimensions de la cambra frigorífica, tipus de fruita i durada d'aquesta a la cambra), es calcularà la potència frigorífica que ha de tenir l'evaporador per poder extreure la calor aportada a l'interior de la cambra frigorífica.
2. Selecció del tipus de refrigerant, el tipus de cicle frigorífic i els components principals de la instal·lació (intercanviadors de calor, compressors i vàlvula d'expansió). Segons les necessitats de fred conegudes en l'apartat anterior es comprovarà, mitjançant càlculs manuals i programes informàtics, quin sistema de fred és el més adient.
3. Selecció dels components secundaris (càlcul de canonades, equips de regulació i seguretat, etc). Segons el tipus de cicle de fred seleccionat, s'escolliran tota una sèrie de components per tenir totalment definit l'esquema del cicle de fred de la cambra frigorífica.

En definitiva, l'àmbit d'aplicació del projecte serà el fred industrial, tot i que es podran fer alguna referència al reglament electrotècnic de baixa tensió.

## **1.3 Antecedents**

### **1.3.1 Motivacions**

El client, un autònom del sector agrari, té alguns problemes en l'aspecte de la recol·lecció i conservació de la seva fruita. Els principals problemes que té són els següents:

1. Existeix la possibilitat de que necessiti recol·lectar la fruita en dies festius. En aquests dies, els magatzems agraris estan tancats al públic i per tant no els hi pot portar la fruita. Per temes de conservació, no s'acostuma a acceptar que la fruita estigui sense refrigerar més de 24 hores. Per tant, si recol·lecta la fruita en dies festius té la necessitat de guardar-los a temperatures fredes ( properes a 0°C).
2. El client, a part de vendre la fruita a les cooperatives agràries, es ven la fruita a particulars. Té el problema que la venda d'algun tipus de fruita es realitzi uns quants dies després de la seva recol·lecció (per exemple, dos o tres dies). Per tan, un cop recol·lectada la fruita necessita guardar-la en fred perquè no sap exactament quin dia l'haurà d'enviar al seu destinatari.
3. Els camions frigorífics que venen a buscar la fruita necessiten que aquesta ja entri freda ja que no tenen suficient potència frigorífica per refredar la fruita, que es troba a temperatura ambient. Tenen potència frigorífica suficient per mantenir la fruita en bones condicions de conservació.

Donats aquests problemes, el client sol·licita la instal·lació d'una cambra frigorífica en un dels seus magatzems.

### **1.3.2 Estudis previs**

#### *1.3.2.1 Definició de cambra frigorífica*

La necessitat de refredar els aliments (o altres materials) per conservar-los durant tot el temps possible ha provocat la necessitat, per part de l'home, de crear grans espais tancats que estiguin a temperatures inferiors a l'ambient (des de +10°C fins a -40°C). Aquestes necessitats van provocar l'aparició de les cambres frigorífiques.

Les primeres cambres frigorífiques comencen amb el desenvolupament de les primeres màquines frigorífiques, que permeten transformar energia mecànica en energia tèrmica, aprofitant el cicle de Carnot. Aquestes màquines aconseguixen extreure la calor d'un recinte aïllat tèrmicament (si és petit ho denominem nevera i si és gran cambra frigorífica).

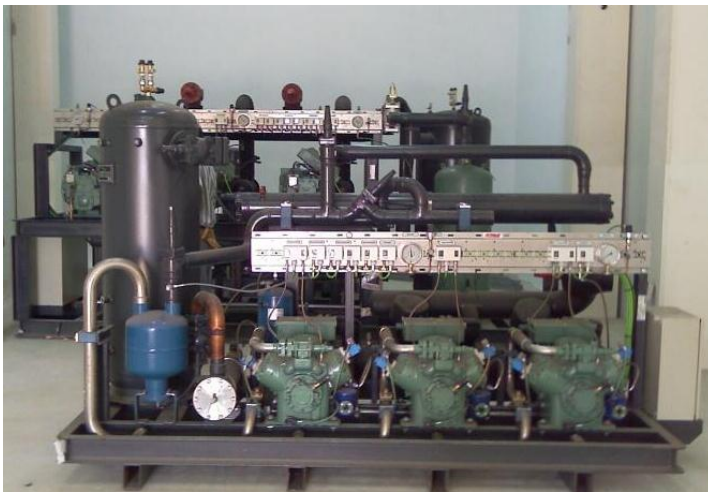
Un dels problemes als quals s'enfrontaven els primers recintes o cambres frigorífiques va ser el seu aïllament tèrmic; durant molts anys es construïen amb dues parets de maó entre les quals introduïen un element aïllant (porexpan, fibra de vidre, suro, fusta). Amb el temps van ser millorats els tipus de materials aïllants fins a arribar als utilitzats actualment, constituïts per un panel sandwich d'alumini o galvanització que a més és autoportant i ens permet crear un recinte frigorífic sense necessitat de fer obra i, en el cas de les cambres frigorífiques modulars, poder muntar-ho i desmuntar-ho amb bastanta facilitat. Les Fig. 1.2, 1.3 i 1.4 mostren detalls d'una cambra frigorífica.



*Fig. 1.2. Imatge de l'exterior d'una cambra frigorífica*



*Fig. 1.3. Imatge de l'interior d'una cambra frigorífica*



*Fig. 1.4. Imatge d'una sala de màquines d'una instal·lació frigorífica*

### *1.3.2.2 Tipus de cambres frigorífiques*

Segons la temperatura de conservació del producte, es poden classificar les cambres frigorífiques de tres maneres diferents:

- De refrigeració o de temperatura positiva (de 0°C a 8°C). Es realitzen normalment en panells sandwich de 60-80 mm d'espessor.
- De congelació o de temperatura negativa (de -1°C fins a -40°C). Es realitzen normalment en panells sandwich de 100mm d'espessor, o inclús més i tot.
- Bitèmperes. Són una combinació de les dos anteriors. És a dir, estan dissenyades per treballar amb temperatures positives i negatives.



En la majoria cambres frigorífiques també es controla la humitat del recinte (per exemple, en la conservació de fruita o en l'assecat d'embotits).

Segons el mètode de conservació dels productes, les cambres frigorífiques es poden classificar de la següent manera:

- Atmosfera natural. Serien les cambres que no tenen previst conservar el producte sota unes condicions estrictes. Aquestes cambres sol regulen la temperatura interior i, algunes cambres, la humitat.
- Atmosfera controlada. L'atmosfera controlada és una tècnica frigorífica de conservació en la qual s'intervé modificant la composició gasosa de l'atmosfera en una cambra frigorífica, en la qual es realitza un control de regulació de les variables físiques de l'ambient (temperatura, humitat i circulació de l'aire). S'entén com a atmosfera controlada (AC) la conservació de productes hortofrutícoles, generalment, en una atmosfera empobrida en oxigen ( $O_2$ ) i enriquida en diòxid carbònic ( $CO_2$ ). En aquest cas, la composició de l'aire s'ajusta de forma precisa als requeriments del producte envasat, mantenint-se constant durant tot el procés. L'acció de l'atmosfera sobre la respiració del fruit és molt més important que l'acció de les baixes temperatures. Aquesta atmosfera controlada frena les reaccions bioquímiques provocant una major lentitud en la respiració, retardant la maduració, estant el fruit en condicions latents, amb la possibilitat d'una reactivació vegetativa una vegada posat el fruit en aire atmosfèric normal.
- Atmosfera modificada. La tècnica es basa en l'ocupació de nitrogen sol o barrejat amb diòxid de carboni, i en la reducció del contingut en oxigen fins a nivells normalment inferiors al 1%. L'atmosfera modificada s'aconsegueix realitzant el buit i posterior re-injecció de la barreja adequada de gasos, de tal manera que l'atmosfera que s'aconsegueix en l'envàs va variant amb el pas del temps en funció de les necessitats i resposta del producte.
- Maduració accelerada. S'utilitzen per accelerar la maduració dels productes. Un exemple són algunes fruites tropicals, com el mango o els plàtans. Aquestes cambres eleven la seva temperatura interior segons una programació determinada o utilitzen alguns gasos per accelerar la seva maduració.

Tots els tipus d'atmosfera, excepte les cambres d'atmosfera natural, s'agrupen amb el nom d'atmosfera artificial.

## **1.4 Normes i referències**

### **1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades**

#### *1.4.1.1 Normativa utilitzada en l'elaboració del projecte*

- UNE 15700:2002. "Criteris generals per la elaboració de projectes".

#### *1.4.1.2 Normativa utilitzada en l'elaboració dels plànols*

- Norma UNE 1121-1:1991. "Dibuixos tècnics. Toleràncies geomètriques. Toleràncies de forma, orientació, posició i oscil·lació. Generalitats, definicions, símbols i indicacions en els dibuixos".
- UNE 1027:1995. "Dibuixos tècnics. Plegat de plànols."
- UNE 1032:1982 ISO 128. "Dibuixos tècnics. Principis generals de representació."
- UNE 1035:1995. "Dibuixos tècnics. Quadre de retolació."
- UNE 1039:1994. "Dibuixos tècnics. Acotació. Principis generals, definicions, mètodes d'execució i indicacions especials."
- UNE 1135:1989. "Dibuixos tècnics. Llista d'elements."
- UNE-EN ISO 5455:1996. "Dibuixos tècnics. Escales. (ISO 5455:1979)."

#### *1.4.1.3. Normativa utilitzada en el disseny del projecte*

- RITE 07.
- UNE-EN 378-1:2008+A2. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 1: Requisits bàsics, definicions, classificació i criteris d'elecció.
- UNE-EN 378-2:2008+A2. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 2: Disseny, fabricació, assajos, marcat i documentació.
- UNE-EN 378-3:2008+A1. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 3: Instal·lació in situ i protecció de les persones.
- UNE-EN 378-4:2008+A1. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 4: Operació, manteniment, reparació i recuperació.

- UNE- EN 1861. Sistemes frigorífics i bombes de calor. Esquemes sinòptics per a sistemes, canonades i instrumentació. Configuració i símbols.
- UNE-EN 12284. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat.
- UNE-EN 14276-1:2007+A1. Equips a pressió per sistemes de refrigeració i bombes de calor. Part 1: Recipients. Requisits generals.
- UNE-EN 14276-2:2008+A1. Equips a pressió per sistemes de refrigeració i bombes de calor. Part 2: Xarxes de canonades. Requisits generals.
- UNE 41950 per panels sandwich de poliuretà injectat.
- UNE-EN 14509 per panels sandwich aïllant amb recobriments metàl·lics.
- UNE-EN-ISO 12241. Aïllament tèrmic per a equips d'edificació i instal·lacions industrials. Mètode de càlcul
- UNE 100001:2001. Condicions climàtiques per a projectes.
- UNE-86-609-85 ("Maquinària frigorífica de compressió mecànica, fraccionament de potència").
- Guia tècnica de condicions climàtiques exteriors de projecte.
- Criteris higiènic-sanitaris prevenció-control de la legionel·la. R.D. 865/03.
- Real Decret 769/1999 Recipients a pressió "Modifica el RD 1244/1979.
- Reglament de seguretat per a plantes i instal·lacions frigorífiques R.D. 3099/77.
- IF-01. Terminologia.
- IF-02. Classificació dels refrigerants.
- IF-03. Classificació dels sistemes de refrigeració.
- IF-04. Utilització dels diferents refrigerants.
- IF-05. Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics.
- IF-06. Components de les instal·lacions.
- IF-07. Sala de màquines específica, disseny i construcció.
- IF-08. Protecció d'instal·lacions contra sobrepressions.
- IF-09. Assajos, proves i revisions prèvies a la posada en servei.
- IF-10. Marcat i documentació.
- IF-11. Cambres frigorífiques, càmeres d'atmosfera artificial i locals refrigerats per a procés.
- IF-12. Instal·lacions elèctriques.
- IF-13. Mitjans tècnics mínims requerits per a l'habilitació com a empresa frigorista.
- IF-14. Manteniment, revisions i inspeccions periòdiques de les instal·lacions frigorífiques.
- IF-15. Posada en servei de les instal·lacions frigorífiques.
- IF-16. Mesures de prevenció i de protecció personal.
- IF-17. Manipulació de refrigerants i reducció de fugues en les instal·lacions frigorífiques.

- IF-18. Identificació de canonades i símbols a utilitzar en els esquemes de les instal·lacions frigorífiques.
- Instrucció 4/2005 Prevenció i control de la legionel·losis.

## **1.4.2. Bibliografia**

### *1.4.2.1. Pàgines web*

- <http://www.aenor.es>
- <http://es.wikipedia.org>
- <http://www.udl.com>
- <http://www.comfriber.com/soporte-tecnico>
- <http://www.pecomark.com/catalog/2012/index.html#/363/zoomed>
- <http://www.bitzer.com.mx/>
- [http://www.omel.es/files/int\\_gp\\_periodos\\_2012\\_06\\_01\\_2012\\_06\\_30.pdf](http://www.omel.es/files/int_gp_periodos_2012_06_01_2012_06_30.pdf)
- [http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt\\_cap\\_07.pdf](http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf)
- [http://www.valycontrol.com.mx/mt/mt\\_cap\\_04.pdf](http://www.valycontrol.com.mx/mt/mt_cap_04.pdf)
- [http://www.crea.es/prevencion.nsf/reg\\_17?OpenPage](http://www.crea.es/prevencion.nsf/reg_17?OpenPage)
- <http://www.danfoss.com/spain>
- <http://www.taver.es/esp/index.php>
- <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/condicionesclimaticas.pdf>
- <https://www.ashrae.org/>
- [http://www.indubel.com.ar/pdf/repuestos/valvulas\\_filtros\\_controles/danfoss/valvulas-expansion.pdf](http://www.indubel.com.ar/pdf/repuestos/valvulas_filtros_controles/danfoss/valvulas-expansion.pdf)
- <http://www.salvadorescoda.com>
- <http://www.carly-sa.es/>

### *1.4.2.2. Llibres*

- Ángel Luis Miranda Barreras, Mariano Monleón Campos. “Cámaras frigoríficas” Ed. Ceac.
- Enrique Torrella Alcaraz. “La producción de frío” Ed. Universidad politécnica de Valencia.
- P.J.Rapin, P. Jacquard. “ Instalaciones frigoríficas” Ed. Marcombo Boixareu.
- Maria Teresa Sánchez y Pineda de las infantas. “ Ingeniería del frío: Teoría y práctica” Ed. AMV.

- Enrique Torrella Alcaraz. “ Frio industrial. Métodos de producción” Ed. AMV.
- Lluís F. Cabeza, Marc Medrano, Íngrid Martorell. “Sistemes de fred i climatització” Ed. Universitat de Lleida.
- Lluís F. Cabeza, Marc Medrano, Íngrid Martorell, Josep Eras. “Gestió de sistemes energètics” Ed. Universitat de Lleida.
- William C. Whitman, William M. Johnson. “Tecnologia De La Refrigeracion Y Aire Acondicionado: Refrigeracion Comercial” Ed. Paraninfo.

### **1.4.3. Recursos informàtics**

#### *1.4.3.1. Software utilitzat en l'elaboració del projecte*

- Adobe Reader X. Programa utilitzat per obrir els arxius amb el format pdf.
- PDFCreator. Software encarregat de convertir arxius a format pdf.
- Microsoft Office Word 2010. Software utilitzat per la redacció del projecte.
- AutoCAD 2012. Programari utilitzat per l'edició d'esquemes.
- Microsoft Office Picture Manager 2010. Software utilitzat per modificar imatges.
- SIGPAC. És el programa facilitat pel ministeri d'agricultura per tal de poder citar la ubicació de la parcel·la de la cambra frigorífica.

#### *1.4.3.2 Software de càlcul*

- Bitzer Software. Software encarregat de calcular i escollir el compressor de la cambra frigorífica. A més a més, també calcula les característiques tècniques (cabal màssic, potència de condensació, etc).
- Scelte 32 V3R8M1. Software encarregat de calcular i escollir el condensador i l'evaporador de la cambra frigorífica.
- BP Frio. Software encarregat de calcular les càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica i de fer comparatives en el cicle de fred (simple o doble compressió, diferents tipus de refrigerant, etc).

- Coolpack. Software encarregat de fer tot tipus de càlculs relacionats amb el cicle de fred de la instal·lació i mostrar diagrames pressió-entalpia del refrigerants.
- Solkane 8.0. Programa de càlcul de diàmetres de canonades, entre d'altres.

## 1.5. Definicions i abreviatures

### 1.5.1. Definicions

**Cambra frigorífica.** És una instal·lació industrial que té com a finalitat conservar un producte a temperatures baixes (properes o inferiors a 0°C). Els productes que normalment es conserven en cambres frigorífiques són productes alimentaris, com per exemple fruites, verdures o carns.

**Càrrega tèrmica.** Es la suma de les calors aportades (en W) a l'interior de la cambra frigorífica a causa de diversos factors com les transmissions de calor amb l'exterior, la calor aportada per la fruita, les ventilacions del local...

**Capacitat del compressor.** La capacitat del compressor és la fracció entre la potència real a la que està treballant i la seva potència nominal, o màxima. Pot ser útil ajustar la capacitat del compressor segons les diferents càrregues tèrmiques que podem tenir a la cambra frigorífica.

**Cicle de fred (frigorífic).** El cicle de fred és el que mostra les característiques de la instal·lació en qüestió. Aquest cicle permet conèixer les potències consumides al compressor i les transferències de calor a l'evaporador i condensador. A més a més permet conèixer en tot moment les característiques del fluid refrigerant (pressió, temperatura, volum específic, etc).

**Potència frigorífica.** És la capacitat que té l'evaporador d'extreure calor de la cambra frigorífica en un temps determinat. S'acostuma a expressar en kW tot i que sovint s'expressa en frigories/hora per diferenciar-ho de la potència elèctrica consumida al compressor.

**Temperatura de descàrrega.** És la temperatura a la sortida del compressor.

**Canonada d'aspiració:** És el tram de canonades compreses entre l'evaporador i el compressor.

**Canonada de descàrrega:** És el tram de canonades compreses entre el compressor i el condensador.

**Canonada de líquid:** És el tram de canonades compreses entre el condensador o recipient de líquid i la vàlvula d'expansió.

## 1.5.2. Abreviatures

**UNE:** Una norma espanyola.

**ASHRAE:** “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers”.

**RD:** Real decret.

**DB:** Document bàsic.

**ITC:** Instrucció tècnica complementària.

**CE:** Comunitat europea.

**Ed:** Editorial.

**Fig:** Figura.

**ISO:** “International Organization for Standardization”.

**SIGPAC:** “Sistema de información geográfica de parcelas agrícolas”.

**IVA:** Impost sobre el valor afegit.

**REBT:** Reglament electrotècnic de baixa tensió.

$\dot{Q}_{cond}$ : Transferència de calor en el condensador (W).

$\dot{Q}_{evap}$ : Transferència de calor en l'evaporador (W).

$q_e$ : Transferència de calor específica a l'evaporador (kJ/kg)

$q_c$ : Transferència de calor específica al condensador (kJ/kg)

$w$ : Treball específic al compressor (kJ/kg)

$\dot{W}_{comp}$ : Treball útil del compressor (W).

$P_{elec}$ : Potència elèctrica consumida pel compressor (W).

**C<sub>elec</sub>**: Consum elèctric (kW·h)

**m**: Flux màssic de fluid refrigerant (kg/s).

**U**: Volum específic del fluid (m<sup>3</sup>/kg).

**ρ**: Densitat del fluid (kg/m<sup>3</sup>).

**v**: Velocitat del fluid (m/s).

**D**: Diàmetre de la canonada (m).

**L**: Longitud de la canonada (m).

**x**: Títol de vapor. Fracció entre la massa de vapor i la massa total de fluid.

**h**: Entalpia del fluid (kJ/kg).

**s**: Entropia del fluid (kJ/kg·K).

**r**: relació de compressió.

**T**: Temperatura (°C).

**C<sub>p</sub>**: Calor específic a pressió constant.

**H<sub>r</sub>**: Humitat relativa (%).

**P<sub>alta</sub>**: Alta pressió del fluid refrigerant (Pa).

**P<sub>baixa</sub>**: Baixa pressió del fluid refrigerant (Pa).

**η<sub>ise</sub>**: Rendiment isentròpic.

**η<sub>vol</sub>**: Rendiment volumètric.

**COP**: "Coeficient of performance".

**A**: Àrea (m<sup>2</sup>).

**V**: Volum (m<sup>3</sup>).

**U**: Coeficient de transferència de calor (W/m<sup>2</sup>·°C).

**RC**: Relació de compressió.



## **1.6. Requisits de disseny**

### **1.6.1. Introducció**

Com ja s'ha dit anteriorment, el client necessita una cambra per poder emmagatzemar la fruita a temperatures entre 1°C i 5°C, segons el tipus de fruita a emmagatzemar. A més a més la fruita ha d'estar en un ambient amb un determinat tipus d'humitat. La humitat no ha de ser baixa per evitar que l'aigua de la fruita migri cap a l'aire i, conseqüentment, provoqui una pèrdua de massa de la fruita. Malgrat tot, una humitat massa alta pot provocar l'aparició de fongs i microorganismes no desitjables. La humitat relativa en la fruita acostuma a estar entre el 85% i el 90%.

L'època de recol·lecció de fruita del client està compresa entre el juny i l'agost, o sigui l'època de l'any on es superen cada dia els 30°C a Seròs (fins i tot s'ha arribat a 40°C).

La cambra frigorífica pot tenir moltes finalitats, com conservar la fruita durant setmanes o mesos o refredar-la per frenar el cicle de maduració de la fruita durant alguns dies abans de distribuir-la per supermercats, fruiteries, etc.

El disseny del tipus i les dimensions d'una cambra frigorífica depèn de molts factors. Temperatura, humitat, quantitat i tipus de fruit, posició de la cambra (exterior o interior), dimensions màximes i mínimes de la cambra són els principals requisits a tenir en compte a l'hora de dissenyar una cambra.

### **1.6.2 Requisits funcionals**

El client necessita una cambra frigorífica que tingui una capacitat de refredament apta a les seves necessitats.

Les seves previsions són que com a màxim cada dia entrin 12.000 kg de fruita. A més a més, la fruita ha d'estar un màxim de dies a la cambra inferior a deu, tot i que normalment la fruita estarà a la cambra cinc dies, com a molt.

Per tant, les seves previsions són que cada dia hi entrin uns 12.000 kg de fruita i n'hi hagin 20.000 kg més, conservant-se durant pocs dies. Es creu que aquest nombre de kilograms a refredar rarament es donarà (s'acostumarà a refredar menys kilograms, depenent del dia), però s'agafa aquesta xifra per evitar que la cambra no tingui potència suficient de refrigeració.

El mètode d'emmagatzematge de la fruita a la cambra frigorífica serà disposant la fruita en caixes apilades damunt d'un palet, d'aproximadament un metre quadrat de superfície. La alçada del conjunt palet-caixes tindrà una altura de 2,30 metres (com a màxim). El pes de cada palet (més la fruita) és, aproximadament de 1.000 kg, segons el client.

Els diferents tipus de fruita a refredar són molt semblants, en quan a propietats tèrmiques de conservació. El client pretén refredar préssecs, nectarines, préssecs plans ("paraguayos") i nectarines planes ("platerines"). S'agafaran les condicions de conservació dels préssecs donat que la majoria de la plantació del client són préssecs. Les característiques tèrmiques de conservació dels préssecs són els mostrats a la taula 1.0.

<b>Temperatura</b>	<b>0-2°C</b>
Humitat relativa	85-90%
Calor de respiració	2,092kJ/kg·dia
Calor específic ( $C_p$ )	3,85 kJ/kg·°C

*Taula 1.0. Característiques tèrmiques de conservació dels préssecs, obtingudes amb les diferents fonts de la bibliografia.*

Es remarca que la importància de la cambra frigorífica recau en la seva potència de refrigeració (entrarà cada dia bastanta fruita a temperatura superior a 30°C) i no en la seva qualitat de refrigeració (no és important grans qualitats de conservació ja que la fruita ha d'estar poc temps en l'interior de la cambra).

Per tant, la finalitat de la cambra frigorífica no és la conservació de la fruita sinó el refredament d'aquesta per evitar que maduri més del necessari i es degradi abans d'arribar al consumidor.

### **1.6.3 Requisits dimensionals i de localització**

#### *1.6.3.1. Recinte interior de la cambra frigorífica*

El client disposa d'una finca de cultiu de fruita amb un únic magatzem on es pretén instal·lar la cambra frigorífica. La Fig.1.5 mostra la ubicació del magatzem, situat a la població de Seròs (Lleida) al polígon 10, parcel·la 60, recinte 13.



*Fig. 1.5. Emplaçament de la cambra frigorífica, facilitat pel programa "SIGPAC"*

Les dimensions màximes de la cambra frigorífica són les següents:

**Longitud del recinte:** 12,5 metres.

**Amplada del recinte:** 7 metres.

**Alçada mínima del recinte:** 6,5 metres.

Per tan, la superfície màxima de la cambra serà de:

**Superfície màxima:** 87,5m<sup>2</sup>.

#### *1.6.3.2. Sala de màquines de la cambra frigorífica*

El recinte a instal·lar està en una de les quatre cantonades de la nau. Per tant, hi ha múltiples possibilitats d'instal·lar, a l'exterior, la sala de màquines. Es pot instal·lar al sostre de l'edifici, o just darrere d'alguna paret on està quasi en contacte els tancaments de la cambra frigorífica. En principi no ha d'haver-hi cap problema en el lloc on instal·lar la sala de màquines.

### 1.6.3.3. Climatologia del terreny

Les condicions climàtiques de Seròs s'han extret de la “Guia técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto”. Com que no es troben les condicions climàtiques de Seròs, s'agafen les de Lleida, que són pràcticament iguals. La Fig. 1.6 i la taula 1.7 i 1.8 mostren les dades obtingudes de la guia tècnica de condicions climàtiques.



Fig. 1.6. Portada de la “Guia tècnica de condicions climàtiques”

Datos de estaciones



Provincia	Estación	Indicativo
Lleida	Lleida (Observatori 2)	9771C

UBICACIÓN: AEROPUERTO

Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
192	41°37'33"	00°35'42"E	83.944	14.602	9.358	

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS <sub>99,6</sub> (°C)	TS <sub>99</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-9,8	-4,4	-2,8	10,0	95,5	40,0

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
39,5	35,6	22,3	34,0	22,2	32,4	22,0	17,2

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)
24,0	24,0	23,1	23,1	22,6	22,6

VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,1	7,0	309	463	0		
Febrero	6,9	9,4	233	370	0		
Marzo	11,2	13,9	145	278	4		
Abril	13,7	16,4	87	200	11		
Mayo	18,2	20,5	29	105	48		
Junio	23,0	25,7	4	31	122		
Julio	24,6	27,1	1	13	148		
Agosto	24,4	26,9	1	15	139		
Septiembre	20,4	23,2	9	53	62		
Octubre	15,8	18,6	45	139	15		
Noviembre	8,9	11,5	178	309	0		
Diciembre	4,8	6,2	295	437	0		

Rosa de los vientos: velocidad media 2,55 m/s

Taula 1.1. Característiques tèrmiques a Lleida.

T <sub>ext,màx</sub> (°C)	39,5
T <sub>habitual</sub> (°C)	35,6
T <sub>bulb humit</sub> (°C)	24
H <sub>r</sub> (%) (*)	38

Taula 1.2. Condicions climàtiques a Lleida a l'estiu.

(\*): S'ha obtingut la humitat relativa amb el diagrama psicomètric de l'aire amb la temperatura ambient i la de bulb humit.

## 1.6.4. Requisits tècnics

Els requisits tècnics són tots aquells punts tinguts en compte tant pel disseny com per prendre alguna decisió sobre aquest, alguns d'aquest amb major influència davant d'altres. Els principals requisits tècnics que s'han de tenir en compte són els següents:

- Dimensions: la cambra frigorífica ha de tenir unes dimensions iguals o inferiors a les que s'ha citat anteriorment (12,5x7x6,5metres).
- Fiabilitat: imprescindible que cada component de la instal·lació funcioni correctament per no perjudicar el bon funcionament de la cambra frigorífica.
- Durabilitat: la cambra frigorífica ha de tenir una vida útil el suficientment gran com perquè sigui el més amortitzable possible.
- Manteniment: s'ha de procurar que sigui el menor possible tot i que el manteniment d'una cambra frigorífica depèn molt de les seves dimensions, potències i utilització. El manteniment d'una cambra frigorífica consisteix en comprovar els nivells de refrigerant, netejar la possible brutícia acumulada als intercanviadors de calor, canviar algun filtre, etc.
- Rendiment: és una factor a tenir molt en compte ja que la correcta selecció de les temperatures i pressions de treball, el tipus de refrigerant... influeix molt sobre el rendiment elèctric de la instal·lació.
- Cost d'inversió inicial: és el preu total, el cost total de cada peça, més el preu del muntar-les i incloent també el cost de la enginyeria. Aquest és un paràmetre a minimitzar i el qual és determinat en algunes situacions.
- Rigidesa: sobretot de l'aïllament ja que pot sofrir cops de la càrrega interior (palets de fruita).
- Materials: depenent del tipus de refrigerant utilitzat, s'hauran d'utilitzar diferent tipus de materials i per tant s'haurà de tenir diferent coneixement de soldadura. Tot s'acaba traduït en el preu final.
- Senyalització: la cambra frigorífica haurà d'avisar al usuari de qualsevol funcionament anormal.

### **1.6.5. Requisits de viabilitat**

La viabilitat del projecte haurà de complir tres expectatives: economia, funcionalitat i legalitat.

La primera és el cost de la inversió inicial i el cost de funcionament (consum elèctric). És evident que l'aspecte econòmic és el més interessant per saber si la inversió val la pena o no.

El requisit de funcionalitat és el que ens permet complir amb les expectatives. O sigui, que la cambra que es dissenyi sigui el suficientment potent per poder refredar la fruita prevista.

La viabilitat legal del projecte vindrà marcada pel compliment de tota la normativa aplicable en el projecte, que ha estat anteriorment especificada en l'apartat 1.4.1. *Disposicions legals i normes aplicades*.

### **1.6.6. Conclusions dels requisits**

Com a resum dels requisits podem establir el següent:

El client vol una cambra frigorífica per refredar durant pocs dies la seva fruita per frenar el procés de maduració d'aquesta. Es preveu que entrin diàriament, durant l'estiu, 12.000kg de préssecs i n'hi hagin 20.000kg més en l'interior. Aquesta fruita s'ha de refredar amb unes temperatures entre 1°C i 3°C, aproximadament i amb una humitat relativa entre el 85% i el 90%. A més a més, les dimensions màximes de la cambra són 12,5x7x6,5metres.

La cambra ha de ser el més econòmica possible, amb un consum elèctric raonable i poc manteniment. A més a més ha de ser fiable i ha de complir amb tota la normativa aplicable a les cambres frigorífiques que conserven fruita.

## **1.7 Anàlisi i solucions**

### **1.7.1. Dimensions de la cambra frigorífica**

#### *1.7.1.1. Dimensions del recinte interior de la cambra frigorífica*

Primer de tot, s'ha de partir de les necessitats del client (apartat 1.6. *Requisits de disseny*). Aquest sol·licita que la cambra tingui prou espai com per emmagatzemar tota la fruita que es produeixi. Per tant, si tenim que el palet de 1.000 kg ocupa una superfície d'un metre quadrat i considerem que hi puguin haver uns 40.000kg de fruita a dins de la cambra frigorífica (són més o menys les estimacions del client), la cambra frigorífica ha de tenir una superfície mínima de 40m<sup>2</sup>. A més a més, s'ha d'afegir un altre espai; l'espai de maniobra dins de la cambra. O sigui, l'espai on l'operari ha de poder agafar el palet que desitgi i poder-lo moure a l'exterior. Considerem un espai de maniobra d'uns 15m<sup>2</sup>. La superfície mínima de la cambra frigorífica serà, doncs de 65m<sup>2</sup>. Tenim que:

Superfície mínima de la cambra:  $65\text{m}^2$

Superfície màxima de la cambra:  $87,5\text{m}^2$

La cambra frigorífica haurà de tenir una superfície compresa entre les dos anteriors. Com que sempre poden haver-hi futures ampliacions, en quan a necessitat d'emmagatzemar kilograms de fruita, s'intentarà que la cambra frigorífica sigui el més gran possible. És més interessant tenir més espai a la cambra per si hi ha ampliacions en un futur que tenir l'espai just. A més a més, del punt de vista econòmic, els panels aïllants (les parets de la cambra) no són molt cars (aproximadament uns  $40\text{€}/\text{m}^2$ ). Per tant, ens inclinem per l'opció de tenir el màxim de dimensions possibles a la cambra.

L'espai on ha d'estar situada la cambra frigorífica té les dimensions següents:

Longitud del recinte: 12,5 metres

Amplada del recinte: 7 metres

Alçada mínima del recinte: 6,5 metres

Llavors, les dimensions de la cambra hauran d'intentar ser el més properes possible. Però, com que es necessita espai per muntar els panels aïllants (sobretot en el sostre), les dimensions de la cambra i del recinte no poden coincidir. Per tant, les dimensions finalment escollides per la cambra frigorífica són les següents:

**Longitud de la cambra frigorífica:** 12 metres

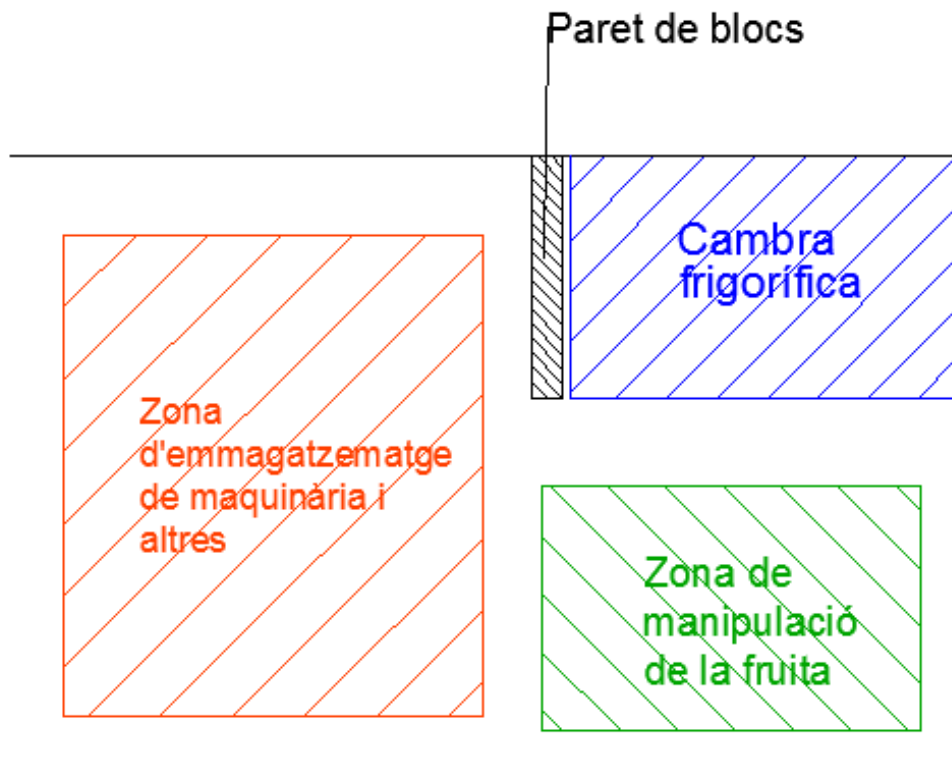
**Amplada de la cambra frigorífica:** 7 metres

**Alçada de la cambra frigorífica:** 5 metres

Com que l'alçada del conjunt palet-caixes és de 2,30 metres, tenim que es poden apilar dos palets, donada l'alçada final de la cambra frigorífica (5m). És una opció que es dona al client per facilitar la mobilitat a l'interior de la cambra i/o per emmagatzemar, inclús, més kilograms de fruita.

Vist en projecció de planta, la ubicació de la cambra frigorífica en el recinte és la mostrada a la Fig. 1.7.





*Fig. 1.7. Distribució esquemàtica de les diferents zones de la nau industrial.*

#### *1.7.1.2. Ubicació de la porta de la cambra frigorífica*

La porta de la cambra frigorífica ha d'estar en el lloc òptim, des del punt de vista de l'aprofitament de l'espai. A més a més ha de permetre introduir i/o extreure els palets de fruita amb la major rapidesa possible.

Com que de les quatre parets de la cambra, tres estan en contacte amb parets de la nau industrial, la restant és la que contindrà la porta. Ara bé, la disposició d'aquesta pot estar centrada o a un costat (dret o esquerre). Les següents imatges (Fig 1.8 i 1.9) mostren les diferents alternatives que es poden tenir, en quan a la situació de la porta i, conseqüentment, la disposició dels palets de fruita a l'interior de la cambra.

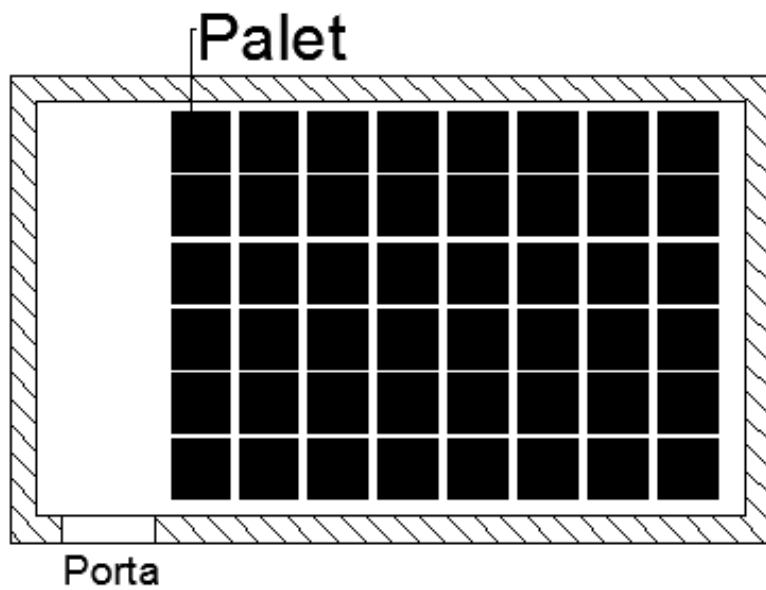


Fig. 1.8. Imatge esquemàtica de la distribució de la cambra amb la porta a un costat

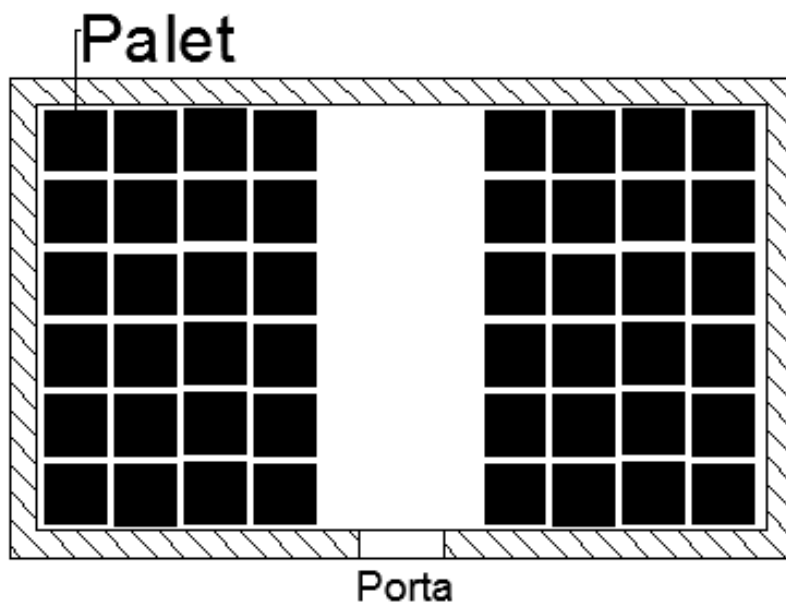


Fig. 1.9. Imatge esquemàtica de la distribució de palets de la cambra amb la porta centrada

Es pot apreciar que hi caben els mateixos palets independentment d'on es situa la porta. Ara bé, el principal avantatge de situar la porta al mig és que tenim més facilitat per treure els palets del final (si situem la porta a un costat i tenim la necessitat de treure el palet situat al fons de la cambra, haurem de treure set palets a fora i tornar-los a entrar posteriorment, mentre que si situem la porta al mig sol n'haurem de moure tres).

Per tant, s'ubicarà la porta de forma centrada, com la imatge 1.9.

### 1.7.1.3. Ubicació de la sala de màquines

La sala de màquines és l'espai on van allotjats el compressor, condensador i altres vàlvules i accessoris del circuit frigorífic.

La sala de màquines ha d'estar el més a prop possible de l'evaporador, per evitar grans longituds de canonades que impliquen més pèrdues de pressió, de temperatura i més inversió en material. Per tan, tenim les següents zones, mostrades per la Fig. 1.10 possibles per habilitar la sala de màquines:

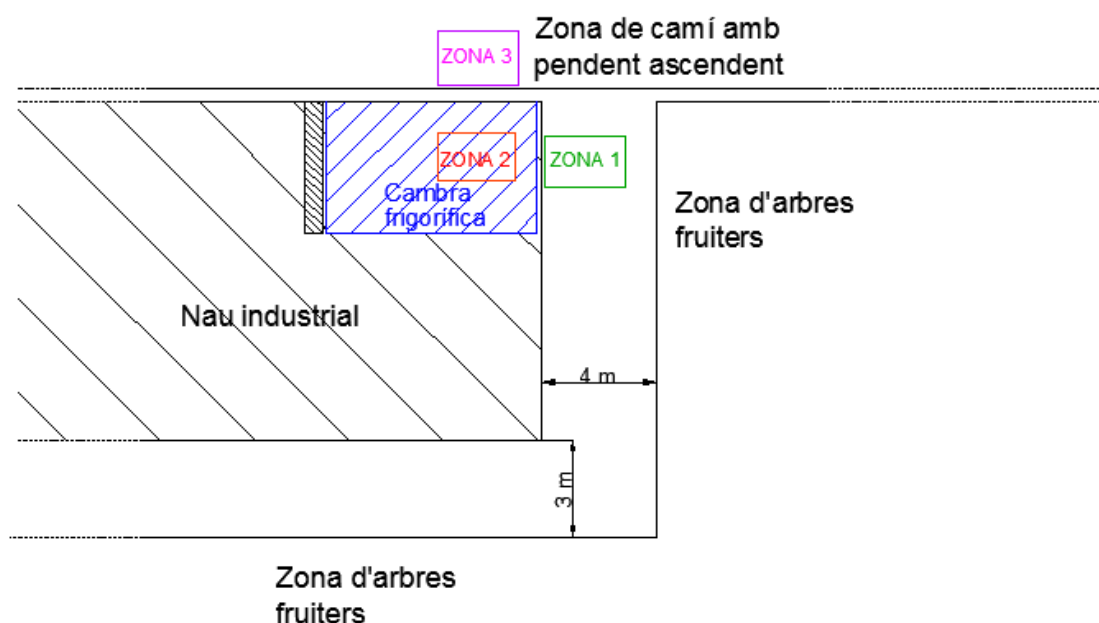


Fig.1.10. Imatge esquemàtica de les possibles zones de la sala de màquines

Tenim tres zones a considerar per instal·lar la sala de màquines.

Primer de tot, les tres estan ubicades a l'exterior, per qüestions de soroll, ventilació i econòmiques (la "zona 2" està ubicada al sostre de l'edifici, just damunt de la cambra frigorífica).

La "zona 1" està situada entre una paret de la nau i els arbres fruiters de la finca. El client ens limita aquest espai a 4 metres (tot i que, com veurem més endavant, és suficient). És un lloc ideal ja que la distància entre la sala de màquines i l'evaporador de la cambra frigorífica és mínima. A més a més, aquesta pot estar situada al terra, damunt d'una petita base de formigó. Aquest

espai té com a inconvenient que dificulta possibles ampliacions de la nau i/o cambra frigorífica.

La “zona 2” és la situació de la sala de màquines al sostre de la nau industrial, just damunt de la cambra frigorífica. També és un lloc a tenir en compte ja que la distància entre l'evaporador i la sala de màquines és mínima. A més a més s'utilitza un espai “gratuït”: el sostre. Ara bé, com a inconvenients tenim que el sostre no és pla i es necessita algun tipus d'estructura per tenir la sala de màquines plana. Els treballs de revisió i reparació també són més difícils.

La “zona 3” està situada en el camí (particular de la finca). Aquesta sembla la pitjor opció perquè la distància entre l'evaporador i la sala de màquines és major que en els casos anteriors. A més a més, el camí té pendent i s'hauria d'anivellar amb algun tipus d'estructura. A més a més si les dimensions de la sala de màquines acaben essent relativament grans, obstaculitzarien la circulació de la maquinària agrícola pel camí. La “zona 3” doncs, sol seria recomanable en el cas de que fossin inviables les dos opcions anteriors.

Finalment, s'escull la “zona 1” en comptes de la “zona 2”, l'espai comprés entre la paret de la nau i la zona d'arbres fruiters pels següents motius:

- Al instal·lar-la en terreny pla i a nivell de terra, s'eviten costos de materials i de mà d'obra.
- Més facilitats per detectar anomalies, fer reparacions i/o manteniments.
- Major facilitat per foradar la paret, passar canonades i segellar el forat.

## **1.7.2. Càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica**

### *1.7.2.1. Introducció*

Un cop conegudes les dimensions de la cambra, les necessitats del client de refredament (kilograms de fruita) i les condicions climàtiques, s'ha de calcular les càrregues tèrmiques que provocaran l'augment de la temperatura de la cambra frigorífica.

El càlcul de les càrregues o necessitats tèrmiques d'una instal·lació és el pas inicial en el disseny de la mateixa. A partir de les càrregues tèrmiques es determina la potència frigorífica màxima en l'evaporador, necessària per cobrir les necessitats d'aquesta instal·lació.

L'estimació de les necessitats tèrmiques es realitza per a les condicions més desfavorables (aquelles que produeixen unes majors necessitats frigorífiques).

Aquesta potència màxima calculada i requerida en l'evaporador és la que permet dissenyar els components, tals com el compressor, l'evaporador, el condensador, les canonades, etc.

Les càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica són la suma de les següents:

$$Q_T = Q_{\text{trans}} + Q_{\text{serv}} + Q_{\text{infil}} + Q_{\text{refr}} + Q_{\text{resp}} + Q_{\text{mot}}$$

$Q_{\text{trans}}$ : Representa la càrrega tèrmica deguda a la transmissió de calor a través de parets, sostre i sòl, expressa les pèrdues frigorífiques o la quantitat de calor transmesa per unitat de temps a través de parets, sostre i terra de la cambra.

$Q_{\text{serv}}$ : Expressa la calor aportada per les llums, les persones i les màquines que es troben o treballen a l'interior de les cambres.

$Q_{\text{infil}}$ : Expressa les pèrdues de calor degudes a l'entrada d'aire de l'exterior a l'interior de la cambra frigorífica.

$Q_{\text{refr}}$ : Reflecteix la calor que cal aportar a la fruita per arribar a la determinada temperatura de conservació.

$Q_{\text{resp}}$ : Representa la calor aportada per la fruita, que sempre va desprenent calor mitjançant reaccions químiques exotèrmiques, o sigui desprenen calor. Com més baixa és la temperatura de la fruita, menor és la calor despresa deguda a la respiració.

$Q_{\text{mot}}$ : Representa la calor aportada pels motors de la cambra frigorífica, per exemple, els motors elèctrics dels ventiladors de l'evaporador.

A més a més, s'ha previst un coeficient de seguretat del 20%, un coeficient relativament gran però raonable ja que en un futur poden haver-hi ampliacions, en quan a necessitats tèrmiques. A més a més, l'operació de desglaç del gel de l'evaporador genera una calor a la cambra frigorífica que no es pot calcular fins que es dissenya quin model d'evaporador hi haurà a la cambra frigorífica. Es considera que un coeficient del 20% avarca la calor aportada del desglaç (com es verificarà posteriorment) i per les petites ampliacions de la cambra. Per tan, tenim que, la càrrega tèrmica final ( $Q_{\text{TOTAL}}$ ) serà:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1,2 \cdot Q_T$$

### 1.7.2.2. Càrregues tèrmiques

Com que encara no s'ha decidit l'espessor del panel aïllant, no es poden saber exactament les càrregues tèrmiques de transmissió ( $Q_{trans}$ ). El que es proposa són tres solucions diferents: espessors (del panel aïllant) de 70mm, 100mm i 155mm.

A continuació, es mostren tres taules (taula 1.3, 1.4 i 1.5) amb totes les càrregues tèrmiques i la suma d'elles. Cada taula correspon a un espessor diferent del panel aïllant. Els càlculs realitzats es poden trobar a l'annex 2.2.1. *Càrregues tèrmiques.*

<b>Càrregues tèrmiques (MJ/dia) amb panel aïllant d'espessor 70 mm</b>	
$Q_{trans}$	337,72
$Q_{serv}$	3,85
$Q_{infil}$	177,14
$Q_{refr}$	1617
$Q_{resp}$	41,84
$Q_{mot}$	106,60
$Q_T$	2284,15
$Q_{TOTAL}$	2740,98

*Taula 1.3. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 70 mm*

<b>Càrregues tèrmiques (MJ/dia) amb panel aïllant d'espessor 100 mm</b>	
$Q_{trans}$	264,40
$Q_{serv}$	3,85
$Q_{infil}$	177,14
$Q_{refr}$	1617
$Q_{resp}$	41,84
$Q_{mot}$	102,93
$Q_T$	2207,16
$Q_{TOTAL}$	2648,59

*Taula 1.4. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 100 mm*

<b>Càrregues tèrmiques (MJ/dia) amb panel aïllant d'espessor 155 mm</b>	
$Q_{trans}$	163,69

$Q_{serv}$	3,85
$Q_{infil}$	177,14
$Q_{refr}$	1617
$Q_{resp}$	41,84
$Q_{mot}$	97,89
$Q_T$	2101,41
$Q_{TOTAL}$	2521,69

*Taula 1.5. Taula resum de les càrregues tèrmiques per aïllament d'espessor 155 mm*

### 1.7.2.3. Potència frigorífica requerida a l'evaporador

Un cop calculat les càrregues tèrmiques a la cambra frigorífica s'ha de calcular quina ha de ser la potència frigorífica de l'evaporador.

Les càrregues tèrmiques calculades en l'apartat anterior corresponen a la quantitat de calor a extreure, de la cambra frigorífica, diàriament. Ara bé, la cambra no ha d'estar sempre en funcionament ja que ha d'estar unes hores determinades al dia parada (per fer el desglaç en l'evaporador, per exemple). En cambres frigorífiques de temperatures positives, els experts recomanen que es dissenyi la cambra perquè funcioni 16 hores diàries. O sigui, es calcularà la potència frigorífica en l'evaporador perquè aquest pugui extreure la calor de la cambra en 16 hores diàries. La potència frigorífica de l'evaporador, depenent de l'espessor dels panels aïllants, serà:

$$Q_{evap} = \frac{24}{16} \cdot Q_{TOTAL}$$

<b>Espessor aïllant (mm)</b>	<b><math>Q_{TOTAL}</math> (kW)</b>	<b><math>Q_{evap}</math> (kW)</b>
70	31,72	<b>47,59</b>
100	30,66	<b>45,98</b>
155	29,19	<b>43,78</b>

*Taula 1.6. Potència frigorífica necessària a l'evaporador*

Com podem veure, la potència requerida a l'evaporador no és molt diferent sigui quin sigui l'espessor de l'aïllant tèrmic.

Com que el fabricant no recomana un aïllant d'espessor 70mm, es descarta aquest espessor. O sigui, el panel aïllant de la cambra frigorífica serà o de 100mm o de 155mm d'espessor. Per tan, com que encara no s'ha pogut

discutir quin ha de ser l'espessor (es discuteix en l'apartat 1.7.13. *Aïllament de la cambra frigorífica*), la transferència de calor que l'evaporador ha de tenir és la següent:

$$Q_{\text{evap}} \geq 46 \text{ kW}$$

Amb aquest resultat, ja podem començar amb la selecció del cicle frigorífic i dels seus components, independentment del gruix del material aïllant.

### 1.7.3. Cicle de compressió de vapor. Dades inicials

#### 1.7.3.1. Introducció

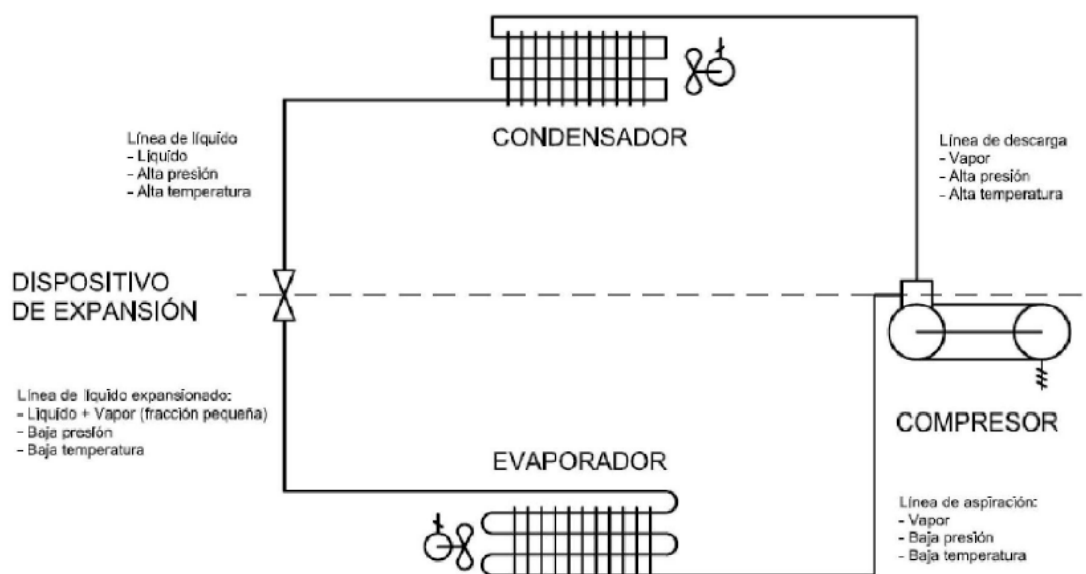
El cicle de compressió de vapor és la teoria sobre la qual els components d'aquest cicle (compressor, evaporador...) s'encarreguen de produir el fred, en una cambra frigorífica. De cicles de compressió de vapor aplicables en una cambra frigorífica, els més usuals són dos: de simple compressió i de doble compressió. La diferència principal entre els dos és que en el de simple compressió la compressió del refrigerant es realitza un sol cop. En canvi, en els sistemes de doble compressió el fluid refrigerant es comprimeix dos vegades. Des d'un primer moment es descarta el sistema de doble compressió degut als següents motius:

- És més comú en instal·lacions de potències molt superiors ja que si s'escull per motius de rendiment energètic, en instal·lacions de dimensions reduïdes no acostuma a compensar degut a la diferència de inversions inicials.
- És molt útil en cambres frigorífiques que treballen a temperatures molt baixes (per exemple,  $-25^{\circ}\text{C}$ ). Imaginem una cambra de temperatura d'evaporació molt baixa ( $-25^{\circ}\text{C}$ ) i temperatura de condensació habitual ( $20\text{-}35^{\circ}\text{C}$ ). La diferència de temperatures, i de pressions, entre el sector d'alta i de baixa és molt gran. Conseqüentment la relació de compressió és molt elevada (la relació de compressió és el quocient entre la pressió del condensador i la de l'evaporador). Com més elevada és la relació de compressió més treball ha de fer el compressor. En aquestes condicions, la compressió del fluid en una sola etapa porta a un rendiment energètic molt baix.
- El sistema de doble compressió requereix de més inversió inicial: un compressor addicional, un separador intermedi i molts més components de regulació i control.



Per tan, un cop decidit que el cicle de la cambra frigorífica serà el de simple compressió, es comenten les característiques d'aquest.

El cicle de compressió consta, bàsicament de quatre etapes, que es repeteixen cíclicament. L'esquema del cicle de compressió simple es mostra a la Fig. 1.11.

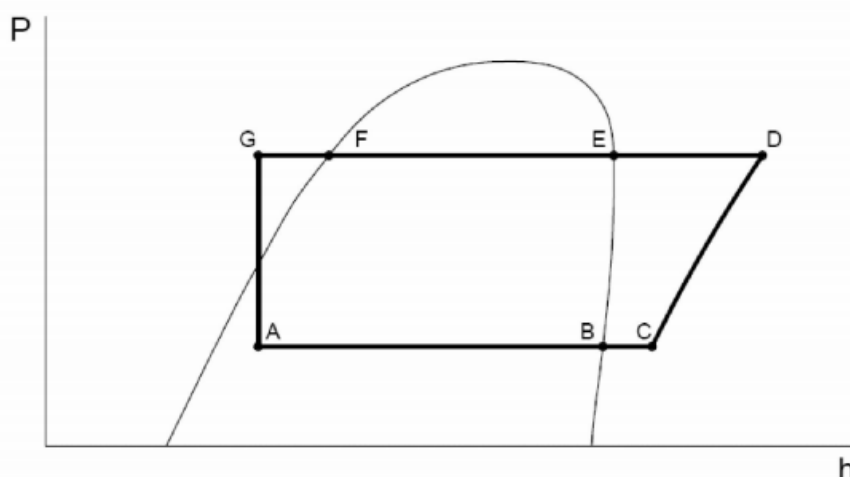


*Fig. 1.11. Elements principals d'una instal·lació frigorífica per compressió de vapor*

El cicle de compressió consta de les següents etapes:

1. El vapors de refrigerant produïts en l'evaporador són aspirats en el compressor. El compressor provoca un flux màssic i augmenta la pressió i conseqüentment, la temperatura del fluid refrigerant.
2. Els vapors comprimits pel compressor entren al condensador a temperatures altes. Aquest provoca la condensació del refrigerant i fins i tot el subrefreda.
3. El frigorífic, sortit del condensador arriba a la vàlvula d'expansió on pateix una forta davallada de la pressió i per tant de la temperatura.
4. Just després de la vàlvula d'expansió, el refrigerant a baixa temperatura i pressió entra a l'evaporador. La funció del refrigerant en l'evaporador és absorbir calor de la cambra frigorífica, evaporant-se durant el procés.

La següent imatge (Fig. 1.12) mostra el diagrama pressió-entalpia d'un refrigerant en un cicle ideal de compressió simple de vapor, també conegut com diagrama de Mollier.



*Fig. 1.12. Representació del cicle frigorífic en el diagrama de Mollier*

### *1.7.3.2. Temperatura d'evaporació*

Un cop determinades les càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica i el tipus de cicle frigorífic a utilitzar, s'han d'imposar les condicions de temperatura (i, consegüentment pressió) que han d'haver-hi a l'evaporador i al condensador per tal de tenir totes les dades per seleccionar compressors, refrigerants, intercanviadors de calor, etc.

La finalitat principal d'un evaporador en una cambra frigorífica és la de refredar l'aire ambient. A més a més, és important tenir un control sobre la humitat del recinte. Per exemple, una humitat relativa baixa provocarà una pèrdua d'aigua irreversible en el producte emmagatzemat. Aquest fet es tradueix en una pèrdua de massa que cal tenir en compte (i per tan, pèrdua econòmica). En el cas de la fruita com poden ser el préssecs, la humitat relativa idònia es situa entre el 85-90%. Tota humitat relativa inferior provocarà una pèrdua de massa traduïda en una pèrdua econòmica. Fins i tot pot provocar que la pell del préssec s'arruixi. Humitats relatives properes al 100% tampoc són desitjables ja que es crea un ambient favorable al desenvolupament de bacteris i fongs sobre els productes.

La millor manera d'incidir sobre la humitat relativa de la cambra frigorífica és controlant la diferència de temperatures entre l'aire de la cambra i la temperatura de l'evaporador. Mentre major sigui la diferència de temperatures menor serà la humitat relativa, i viceversa.

La següent taula (taula 1.7), extreta de diferents autors de la bibliografia mostra la diferència de temperatures que ha d'haver-hi entre evaporador i l'aire de la cambra per tenir una humitat relativa determinada.

Humitat relativa (%)	Diferència de temperatures (°C)	
	Evaporadors de tubs llisos	Evaporadors de tubs amb aletes
75	9-10	10-13
80	7	8-10
85	5	6-8
90	3	4-6

*Taula 1.7. Salt tèrmic a l'evaporador en funció de la humitat relativa de l'aire.*

Finalment s'escull una temperatura d'evaporació de -5°C. Com que la cambra frigorífica ha d'estar capacitada per arribar a 1°C, el salt tèrmic serà, com a mínim, de 6°C (inclús 7 o 8°). S'ha escollit aquest salt tèrmic perquè és el salt tèrmic que marca la taula anterior, per humitats relatives entre el 85% i el 90% (les humitats relatives aconsellades en la conservació de préssecs, nectarines, etc).

Un cop determinada la temperatura d'evaporació, es troba la pressió de l'evaporador, o pressió de baixa.

Temperatura evaporació (°C)	-5
Pressió d'evaporació (o de baixa)(bar)	2,434

*Taula 1.8. Pressió i temperatura a l'evaporador*

### 1.7.3.3. Temperatura de condensació

La diferència entre la temperatura de condensació i la del medi a refredar (que acostuma a ser aire o aigua) és el salt tèrmic en el condensador. Per una potència de condensació determinada, com major sigui el salt tèrmic, menor podrà ser el volum d'aire remogut i l'àrea del condensador, que equival a condensadors més econòmics i consums elèctrics al condensador menors. Ara bé, si massa gran és la temperatura de condensació, poden haver-hi factors contraproductius. Pot passar que augmenti massa la relació de compressió, i per tant, que l'augment del consum elèctric en el compressor sigui major a la disminució del consum elèctric al condensador ( $\Delta P_{\text{elec,compressor}} > \Delta P_{\text{elec,condensador}}$ ). També, un augment massa gran de la temperatura de condensació pot provocar temperatures de descàrrega no desitjables pels materials.

En els condensadors d'aire la temperatura de condensació es situa uns 10-15°C superior a la temperatura de l'aire ambient.

En els condensadors d'aigua la temperatura de condensació es situa uns 10-20°C per damunt de la temperatura de l'aigua.

Com es justificarà en l'apartat 1.7.7. *Intercanviadors de calor*, el medi de condensació és l'aire. Per tan, s'escull el següent salt tèrmic:

S'ha escollit un salt tèrmic de 10°C perquè és el més adient per les condicions de temperatura a Seròs. S'ha escollit una temperatura de condensació de 50°C. Per tant, el salt tèrmic teòric és de 10°C però la majoria de vegades serà molt superior (15 o 20°C més ja que la temperatura exterior poques vegades arribarà a 40°C, la màxima temperatura prevista). A més a més, no interessa una temperatura de condensació més alta perquè també implica un augment d'energia consumida al compressor (augmenta la relació de compressió) i temperatures de descàrrega no desitjables.

Un cop determinada la temperatura de condensació, es troba la pressió del condensador, o pressió d'alta (taula 1.9).

Temperatura de condensació (°C)	50
Pressió de condensació (o d'alta)(bar)	13,176

*Taula 1.9. Pressió i temperatura al condensador*

#### 1.7.3.4. Relació de compressió

La relació de compressió (RC) és la relació entre la alta pressió (pressió de condensació) i la baixa pressió (pressió d'evaporació).

Com més gran és aquesta relació més treball ha de fer el compressor i conseqüentment, la compressió del fluid en una sola vegada es tradueix en un rendiment energètic baix (disminueix el rendiment volumètric, la temperatura de descàrrega es dispara perillosament, etc).

En la present instal·lació, la relació de compressió és:

$$RC = \frac{P_{alta}}{P_{baixa}} = \frac{13,176}{2,434} = 5,41$$

Com podem veure, no és una gran relació de compressió. Es pot considerar acceptable. Amb aquesta relació de compressió es pot justificar que no s'hagi escollit un sistema de doble compressió ja que aquests estan pensats per substituir sistemes de compressió simple on la relació de compressió és molt superior (RC>10).

En l'apartat 1.7.5.5 es veurà com l'efecte de les pèrdues de càrrega en el fluid fa augmentar lleugerament la relació de compressió. Per tan, la relació de compressió real és lleugerament superior, tot i que l'augment és molt petit.

## **1.7.4. Fluid frigorigen (refrigerant)**

### *1.7.4.1. Introducció*

Els fluids frigorígens són fluids que treballen en sistemes de refrigeració. Absorbeixen calor d'una àrea i l'eliminen en una altra, normalment a través d'evaporació i condensació.

Un frigorigen ha de satisfer una sèrie de requisits, alguns dels quals no estan directament relacionats amb la seva característica de transferir calor. La seva característica més important en condicions d'ús és l'estabilitat química. Les mesures de seguretat poden implicar que un frigorigen no sigui inflamable o de baixa toxicitat. Altres característiques són el cost, disponibilitat, eficiència i compatibilitat amb els lubricants, compressors i altres materials de l'equip frigorífic. Les característiques físiques del refrigerant han de ser les següents:

1. Pressió de vapor. La pressió d'evaporació del refrigerant ha de ser superior a l'atmosfèrica per evitar que entri aire a l'interior de les canonades. La pressió de condensació no ha de ser molt elevada degut als perills i els costos que presenten les altes pressions. A més a més, la pressió de condensació ha de ser inferior a la pressió crítica del refrigerant.
2. Relació de compressió. Ha de ser el més petita possible ja que el rendiment volumètric varia inversament proporcional a la relació de compressió.
3. Calor latent de vaporització. Ha de ser gran per evitar moure grans cabals màssics de fluid.

### *1.7.4.2. Classificació dels fluids frigorígens*

Una manera de classificar els refrigerants és separant-los segons la seva procedència química. Així doncs, una manera de classificar-los és la següent:

1. CFCs i HCFCs. Aquest grup inclou els fluids que contenen un o més dels elements halògens (fluor, clor i brom). Els CFCs són molt estables i

persisteixen en l'atmosfera molts anys, destruint la capa d'ozó. En les parts baixes de l'atmosfera, les molècules CFC absorbeixen radiació infraroja, contribuint a l'escalfament global. Els HFCs tenen una vida més curta en l'atmosfera, reduint així el seu impacte ambiental. En canvi, aquests últims eliminen brom en la seva descomposició, per tant són més destructius.

2. Compostos inorgànics. Tot i que van ser els primers fluids frigorífics utilitzats, n'hi ha un que encara s'utilitza bastant, sobretot en instal·lacions frigorífiques de grans dimensions. Es tracta de l'amoniac.
3. Hidrocarburs. Alguns exemples són el metà, l'età i el propà. Els hidrocarburs ja no s'utilitzen avui dia.
4. Azeòtrops. Una mescla azeotropa de dues substàncies és aquella on no es poden separa els seus compostos per destil·lació.
5. Mescles zeotròpiques. Són les mescles on no hi ha azeòtrops. És a dir, per a qualsevol combinació de pressió o temperatura, la composició del vapor és diferent a la del líquid.
6. HFCs. Són nous compostos en que els àtoms de clor dels CFCs i HCFCs han estat substituïts per àtoms de fluor (no contenen clor). Aquests nous refrigerants han estat inventats degut a la prohibició d'utilitzar els HCFCs i CFCs. Un dels exemples més utilitzats de HFC és el refrigerant R-134a.

#### *1.7.4.3 Impacte ambiental dels refrigerants*

1. Destrucció de la capa d'ozó. Amb el pas del temps, s'ha descobert que l'ús de CFCs i HCFCs és nociu per la capa d'ozó. L'alliberament dels àtoms de clor, per part dels refrigerants, destrueixen les molècules d'ozó produint danys irreversibles a curt termini. Uns 24 països van signar l'any 1987 el Protocol de Montreal, per reduir i finalment no utilitzar els CFCs i HCFCs. El potencial destructor de la capa d'ozó es mesura utilitzant el coeficient ODP (Ozone Depletion Potential). El ODP és el coeficient pel qual es mesura la capacitat destructiva d'un fluid refrigerant a la capa d'ozó. El ODP dels refrigerants HFCs és zero.
2. Efecte hivernacle. Els fluids frigorífics actuen negativament en l'efecte hivernacle. Aproximadament s'alliberen 300.000 tones de gas HFC i 400.000 tones de gas CFC. Amb el motiu del problema de l'efecte hivernacle, l'any 1997 la UE es va comprometre a reduir les quantitats les emissions d'efecte hivernacle. Aquest compromís és el Protocol de Kioto. Es poden fer servir tres mètodes per determinar l'impacte global d'un gas sobre l'efecte hivernacle. Un d'ells és el GWP (Global Warming

Potential). Aquest coeficient compara l'efecte climàtic del refrigerant amb el del diòxid de carboni, que rep el valor de referència 1.

#### *1.7.4.4. Selecció del refrigerant*

Degut a les restriccions del protocol de Montreal (eliminació dels HCFCs i CFCs) i a l'auge dels HFCs, el nombre de refrigerants en cambres frigorífiques no és molt ampli. Bàsicament s'utilitzen, en cambres frigorífiques, el R-134a, el R-404A i el R-717 (amoníac). En primer lloc, descartem l'amoníac perquè és més adient amb instal·lacions de potències molt més grans. A més a més, presenta més costos inicials ja que tots els components de la instal·lació no poden ser de coure sinó d'acer. A més a més, la toxicitat de l'amoníac pot ser preocupant en el cas de fugues perquè l'element a emmagatzemar és alimentari. Per tant, es descarta l'amoníac.

Tan el refrigerant R-134a com el R-404A són bastant semblants, en quan a les seves característiques tècniques, avantatges i inconvenients. Fins i tot, molts compressors que hi ha al mercat poden funcionar amb els dos fluids.

La següent taula mostra algunes propietats físiques dels dos refrigerants:

<b>Propietat física</b>	<b>Unitats</b>	<b>R-404A</b>	<b>R-134a</b>
Temperatura crítica	(°C)	72,07	101,1
Pressió crítica	(bar)	37,31	40,67
Temperatura ebullició	(°C)	-46,8	-26,1
Calor latent de vaporització a 1 bar	(kJ/kg)	200	217,2
Massa molecular	(g/mol)	98	102
ODP	-	0	0
GWP	-	3780	1300

*Taula 1.10. Propietats dels refrigerants R-404A i R-134a*

Veiem que són refrigerants no molt diferents. A més a més es comporten, químicament, de forma semblant. Com a dades interessants podem extreure que el R-404A té un potencial d'escalfament global (GWP) superior i té un calor latent de vaporització una mica inferior. Com a dada a tenir en compte és la temperatura crítica del R-404A (72°C). Si no es té en compte aquesta dada es poden tenir problemes en les altes temperatures de descàrrega del compressor.

Ja que les propietats del dos refrigerants no són molt diferents, el coeficient que acabarà marcant l'elecció del fluid és el COP. Per determinar una

aproximació del COP s'ha utilitzat el software "bp frio, ciclos". Introduint les dades de la instal·lació, s'ha comparat el COP per cada tipus de refrigerant. Els resultats són els mostrats a les Fig. 1.13 i 1.14:

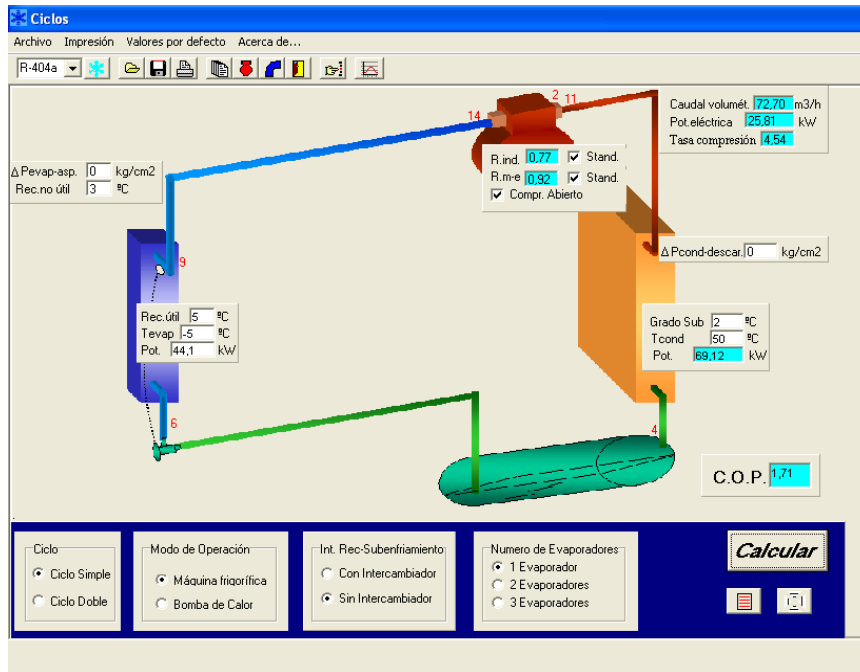


Fig. 1.13. Obtenció del COP amb el programa "bp ciclos" per al R-404A

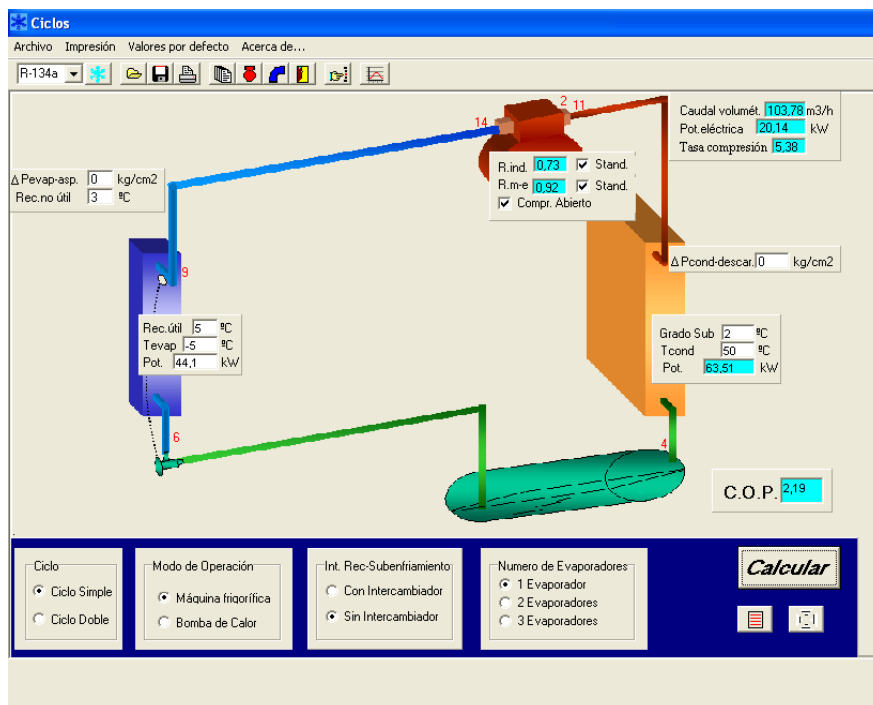


Fig. 1.14. Obtenció del COP amb el programa "bp ciclos" per al R-134a



Com podem veure, obtenim un COP bastant superior utilitzant R-134a com a fluid refrigerant. A més a més el R-134a contamina menys i presenta menys problemes de pressió i temperatura crítica. Per tant, el refrigerant de la instal·lació serà el **R-134a**.

#### 1.7.4.5. Normativa dels fluids frigorífics

El R-134a, que és el refrigerant finalment escollit, es classifica com a refrigerant del grup primer, d'alta seguretat.

Segons la instrucció tècnica *IF-04, "Utilització dels diferents refrigerants"*, els refrigerants del grup primer podran utilitzar-se, amb qualsevol sistema de refrigeració, en locals de qualsevol classificació, sempre que la càrrega de refrigerant, expressada en quilograms, continguda en la instal·lació, no passarà del valor del producte de 0,42 kg de refrigerant per metre cúbic d'espai a la cambra frigorífica (en el cas del refrigerant R-134a, el refrigerant finalment escollit). A més a més, la normativa ens diu que no pot haver-hi més metres cúbics de refrigerant que volum de cambra.

Com que la cambra frigorífica té 420 metres cúbics, la quantitat, en kg, de refrigerant màxima serà de:

$$M_{m\grave{a}x} = 0,42 \cdot 420 = 176,4 \text{ kg R} - 134a$$

$$V_{m\grave{a}x} = 420 \text{ m}^3 \text{ R} - 134a$$

### 1.7.5. Cicle de compressió de vapor. Representació del cicle

#### 1.7.5.1. Introducció

Un cop determinades les temperatures (i pressions) de l'evaporador i el condensador i les necessitats de fred de la cambra frigorífica ja es poden dissenyar els components principals de la cambra frigorífica: compressor, condensador, evaporador i vàlvula d'expansió. Ara bé, abans de tot, s'han de conèixer els següents conceptes relacionats en el cicle i que intervenen en la producció frigorífica, en el COP, en la seguretat contra les averies de la instal·lació, etc. Els següents conceptes a tractar són el subrefredament, el reescalfament i la combinació d'aquests dos.

Es pot trobar a l'apartat 2.2.2. *Cicle frigorífic*, tots els càlculs, realitzats manualment, relacionats amb el cicle frigorífic (cabal màssic, rendiments volumètrics...)

### *1.7.5.2. Subrefredament*

Es defineix com a subrefredament de líquid en un sistema, al valor de temperatura d'un refrigerant en estat líquid al treure-li calor sensible a partir del seu punt de 100% de saturació. El subrefredament s'acostuma a fer al mateix condensador.

El subrefredament en el condensador ens assegura l'existència de líquid en la part baixa a la sortida del condensador, de tal forma que la línia de líquid no s'alimenti amb vapor refrigerant (les vàlvules d'expansió s'han d'alimentar amb líquid i no amb vapor). Aquesta situació també preveu que els gasos no condensables surtin del condensador. Aquest subrefredament en conjunt amb la pressió de descàrrega en el condensador ens indica la quantitat de càrrega de refrigerant en el sistema. El subrefredament en el condensador ens determina amb precisió la càrrega correcta de refrigerant en un sistema. Zero subrefredament en el condensador ens indica que al sistema li falta refrigerant, i es formaran bombolles de vapor en la línia de líquid. Un subrefredament elevat en el condensador ens causa altes pèrdues econòmiques i costos d'operació (i elevació de la pressió de descàrrega). És necessari prendre en compte que quan la temperatura del medi a condensar puja, el valor del subrefredament en el condensador baixa. I viceversa, quan la temperatura del medi a condensar baixa el valor del subrefredament puja (existint major quantitat de líquid en el condensador).

En la present instal·lació tenim una temperatura de condensació del fluid refrigerant de 50°C. La temperatura de l'aire exterior, oscil·la bastant a l'estiu. Però, s'agafa una temperatura de l'aire exterior de 40°C (la temperatura màxima a Seròs a l'estiu). O sigui el salt tèrmic serà com a mínim de 10°C, essent gairebé sempre de 15°C. El salt tèrmic en condensadors, que utilitzen aire com a medi a transferir la calor, és 10-15°C.

Per tan, el subrefredament pot ser des de 0°C (zero subrefredament) fins a 10°C (subrefredament màxim). Realment, 10°C no és possible ja que la mateixa temperatura del refrigerant i de l'aire obligaria a tenir un condensador amb una àrea d'intercanvi de calor infinita. El subrefredament té avantatges, com la millora de la producció frigorífica, el possible augment del COP i la seguretat d'alimentar la vàlvula d'expansió exclusivament amb líquid. Ara bé,

un augment massa gran del subrefredament del refrigerant té els següents inconvenients:

- Condensadors més grans.
- Consum elèctrics del condensador més elevat.
- Es pot aconseguir el mateix objectiu disminuint la pressió del condensador en comptes de fer grans subrefredaments.

Per optimitzar el valor del subrefredament, s'ha fet ús del software "Bitzer Software". Amb aquest programa informàtic es comprovarà les característiques del cicle, segons valors diferents de subrefredament. El resultat, donat un compressor determinat, és el mostrat a la taula 1.11. La Fig. 1.15 mostra els resultats del programa "Bitzer".

Subrefredament (°C)	Producció frigorífica (KW)	COP
1	44,7	2,45
3	45,8	2,51
6	47,3	2,60
8	48,4	2,65

Taula 1.11. Característiques del cicle segons diferents valors de subrefredament.

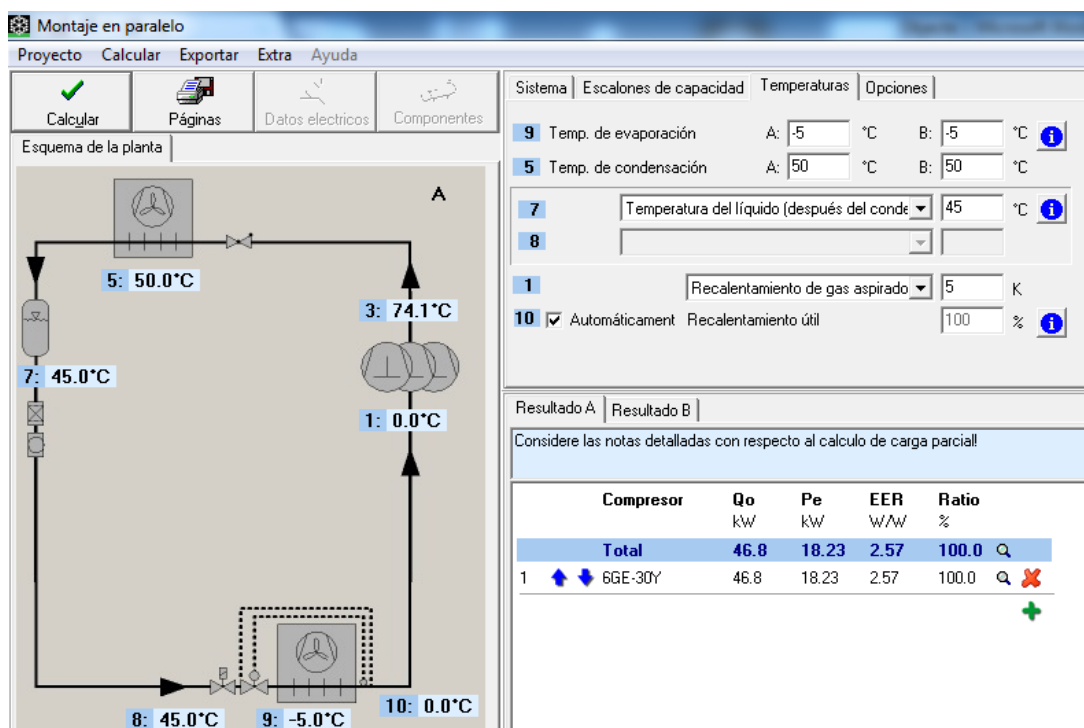


Fig. 1.15. Selecció del subrefredament amb "Bitzer Software"

Es pot veure que un gran subrefredament no implica una gran millora, ni des del punt de vista del COP ni de la producció frigorífica. Per tan, no escollirem el subrefredament des d'un punt de vista del rendiment energètic sinó des del punt de vista de la seguretat en obtenir líquid subrefredat a l'entrada de la vàlvula d'expansió. Per tan, el valor del subrefredament final serà:

$$\Delta T_{\text{subrefr}} = 5^{\circ}\text{C}$$

### *1.7.5.3. Reescalfament*

El reescalfament en l'evaporador es defineix com l'augment de la temperatura del vapor al aportar-hi calor sensible a partir del seu punt de 100% de saturació.

El reescalfament augmenta la producció frigorífica en l'evaporador. Per contra, el reescalfament suposa un augment en:

- El treball del compressor (no massa alt).
- Temperatura de descàrrega.
- Volum específic en l'aspiració del compressor fet que provoca un descens del cabal màssic de refrigerant.

Una gran utilització del reescalfament, des del punt de vista de la seguretat dels components de la instal·lació, és alimentar el compressor exclusivament amb vapor, o sigui assegurar-nos de que no arribi líquid al compressor. En el cas de que el compressor aspiri refrigerant en estat vapor i líquid, es produirà una averia d'aquest en poc temps.

Hi ha dos tipus de reescalfaments:

- Reescalfament útil: és el que es produeix en l'evaporador i en el tram de canonada que es troba dins de la cambra frigorífica. Aquest reescalfament permet guanyar fred útil que es produeix a l'interior de la cambra.
- Reescalfament no útil: és el que es produeix a la sortida de la cambra frigorífica, on els vapors freds que circulen per les canonades d'aspiració es reescalfen per l'aire ambient. S'ha de mirar que aquest reescalfament sigui mínim. Les maneres de disminuir-ho són aïllar les canonades d'aspiració i disminuir tot el possible la longitud del tram d'aspiració.

En la present cambra frigorífica, s'ha depreciat el reescalfament no útil ja que el tram d'aspiració, és molt curt (s'ha minimitzat tot el possible, com es veurà

posteriorment) i els guanys de calor són menyspreables. A més a més, les canonades d'aspiració estaran aïllades. Els guanys de calor en la canonada d'aspiració es pot trobar a l'apartat 1.7.13.4. *Aïllament de la canonada d'aspiració.*

Per determinar el reescalfament útil es recorda el salt tèrmic a l'evaporador. La temperatura d'evaporació és  $-5^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de l'interior de la cambra, serà com a mínim,  $1^{\circ}\text{C}$ . O sigui, el salt tèrmic mínim serà  $6^{\circ}\text{C}$  ( o sigui, el reescalfament pot ser igual o superior a  $6^{\circ}\text{C}$ ). Per tan, per tenir la seguretat de que arriba vapor sobreescalfat al compressor s'agafa grau de reescalfament alt.

$$\Delta T_{\text{reescalf}} = 5^{\circ}\text{C}$$

#### 1.7.5.4. Intercanviador de calor intermedi (reescalfament i subrefredament combinats)

Un altre tipus de bescanviador de calor que es pot utilitzar en la present instal·lació, és l'intercanviador de calor intermedi. Amb aquest, es pot aconseguir, simultàniament, un reescalfament del vapor i un subrefredament del líquid (refrigerant) mitjançant l'intercanviador mostrat a la Fig. 1.16.

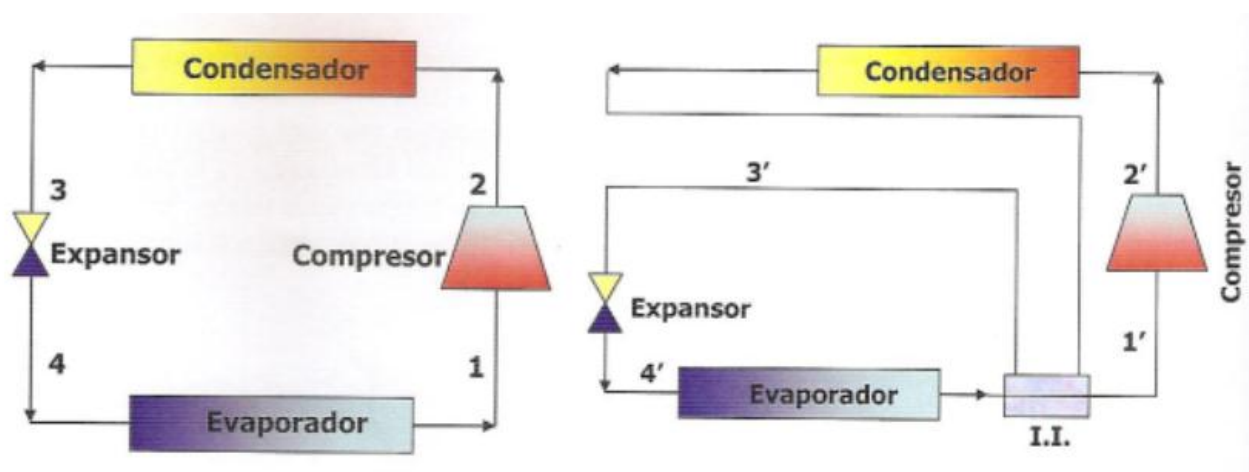


Fig. 1.16. Esquema de dos cicles. Un amb intercanviador de calor intermedi i l'altre sense.

L'intercanviador es situa entre les sortides del condensador i de l'evaporador. La incidència d'aquest intercanviador de calor intermedi es pot veure en el diagrama p-h de la Fig. 1.17.

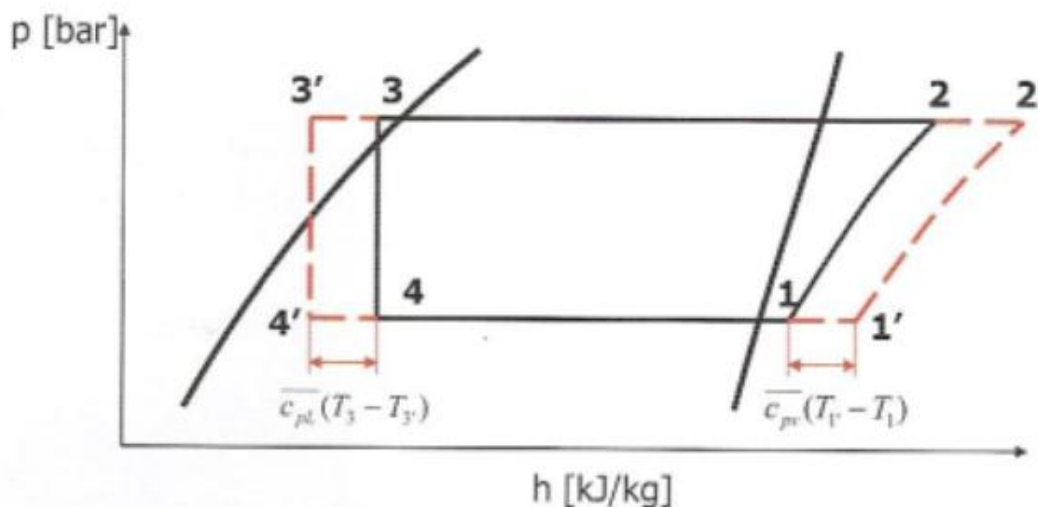


Fig. 1.17. Incidència de l'intercanviador de calor intermediari en el diagrama de Mollier del refrigerant

Menyspreant les pèrdues de calor amb l'ambient exterior i tenint en compte que el cabal màssic de flux refrigerant és igual en ambdós recorreguts, si efectuem el balanç energètic tenim que:

$$c_{pv} \cdot (T_{1'} - T_1) = c_{pL} \cdot (T_3 - T_{3'})$$

on " $c_{pL}$ " i " $c_{pv}$ " són els calors específics mitjans a pressió constant del líquid i del vapor, respectivament. Ja que el calor específic del líquid és superior al del vapor, tindrem un increment de temperatura major en la fase de vapor (punt 1-1').

Els intercanviadors de calor intermedis presenten avantatges i inconvenients. Com a avantatges tenim que:

1. Provoquen l'augment de la producció frigorífica en l'evaporador.
2. El major subrefredament de líquid assegura, encara més, l'alimentació exclusiva de líquid a la vàlvula d'expansió.
3. El major reescalfament del vapor assegura, encara més, l'alimentació exclusiva de vapor al compressor amb la fi d'evitar cops de líquid.

Com a inconvenients tenim que:

1. S'augmenta el volum específic del refrigerant a l'aspiració provocant, consegüentment, un descens del cabal màssic al compressor.

2. Augment de la temperatura de descàrrega del compressor (sense intercanviador de calor intermedi, tenim una temperatura de descàrrega propera a 75°C). S'ha de recordar que grans temperatures de descàrrega provoquen que s'hagin de preveure separadors d'oli de major eficàcia ja que es barreja més oli amb el refrigerant.
3. Augment de les pèrdues de càrrega tan en la línia de líquid com en la d'aspiració.

Per últim, cal remarcar que l'ús de intercanviadors de calor intermedis no es tradueix sempre en un augment del COP de la instal·lació frigorífica (hi ha casos que afecte negativament al COP). No obstant la variació del COP respecte a la instal·lació sense intercanviador de calor intermedi és molt baixa. Mai s'han d'instal·lar aquests intercanviadors de calor amb el motiu de l'augment del COP sinó que aquests s'han d'instal·lar amb motius de seguretat, entre d'altres.

En la instal·lació de la cambra frigorífica s'ha descartat l'ús de l'intercanviador de calor intermedi pels següents motius:

1. L'intercanviador de calor no proporciona un augment de COP.
2. La seguretat de que la vàlvula d'expansió sigui alimentada exclusivament amb refrigerant en estat líquid s'aconsegueix amb un recipient de líquid i un control sobre temperatures i pressions a la línia de líquid.
3. La seguretat de que el compressor sigui alimentat exclusivament amb refrigerant en estat vapor s'aconsegueix amb el reescalfament provocat per la vàlvula d'expansió termostàtica i un control sobre temperatures i pressions a la línia d'aspiració.
4. La instal·lació sense intercanviador de calor intermedi té unes pèrdues de pressió menors (tant per l'intercanviador com per la longitud de canonades addicionals).
5. La instal·lació frigorífica és més econòmica sense intercanviador de calor intermedi.

#### *1.7.5.5. Cicle frigorífic*

Un cop escollits tots els paràmetres de funcionament de la instal·lació frigorífica, ja es pot representar el cicle frigorífic en el diagrama pressió-entalpia per poder saber les capacitats frigorífiques que han de tenir el compressor i el

condensador. Les dades de partida del cicle de fred, introduïdes al software “Coolpack” són les mostrades a la taula 1.12.

Paràmetre	Unitat	Valor
Temperatura evaporació	°C	-5
Temperatura de condensació	°C	50
Pressió d'alta	bar	13,176
Pressió de baixa	bar	2,434
Tipus de refrigerant	-	R-134a
Subrefredament	°C	5
Reescalfament útil	°C	5
Reescalfament no útil	°C	0
Potència frigorífica (evaporador)	kW	≥46
Caiguda pressió aspiració	°C	1
Caiguda pressió descàrrega	°C	1
Caiguda pressió canonada líquid	°C	0,5
Rendiment volumètric ( $\eta_{vol}$ )	-	0,7295
Rendiment isentròpic ( $\eta_{ise}$ )	-	0,7295

*Taula 1.12. Dades introduïdes al software “Coolpack”*

A més a més, s'han de tenir presents les caigudes de pressió a les canonades de fluid refrigerant.

Les caigudes de pressió en les canonades es donen en pascals tot i que cada cop més es donen en °C (o K) per la seva fàcil interpretació. Les pèrdues de càrrega admeses en les diferents canonades són:

- 1°C per les canonades d'aspiració i de descàrrega.
- 0,5°C per les canonades de líquid.

Aquestes són les màximes pèrdues de càrrega admeses. És a dir, seran les considerades en el cicle per tenir el cas més desfavorable. La taula 1.13 mostra les pèrdues de càrrega màximes que es poden donar en cada tram de canonada.

Canonada	Pèrdua de càrrega màxima (°C)
Aspiració	1
Descàrrega	1
Líquid	0,5

*Taula 1.13. Pèrdues de càrrega màximes en les diferents canonades*



Les dades de les dos taules anteriors s'han d'introduït al programa "Coolpack" per obtenir els resultats mostrats a la Fig. 1.18 i 1.19.

Select cycle type:

☒ One stage ☐ Two stage, closed intercooler

☐ Two stage, open intercooler ☐ Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name:  ☒ Draw cycle

Values:

Evaporating temperature:  °C  °C

Superheat:  K  K

Dp evaporator:  Bar  Bar

Dp suction line:  K  K

Dp discharge line:  K  K

Isentropic efficiency [0-1]:  Q loss...

Calculated:

Qe [kJ/kg] 135,042

Qc [kJ/kg] 186,319

COP: 2.63

W [kJ/kg] 51,277

Buttons: Draw cycle, Show info, Copy cycle, Paste cycle, Cancel, Help

Fig. 1.18. Dades d'entrada al programa "Coolpack"

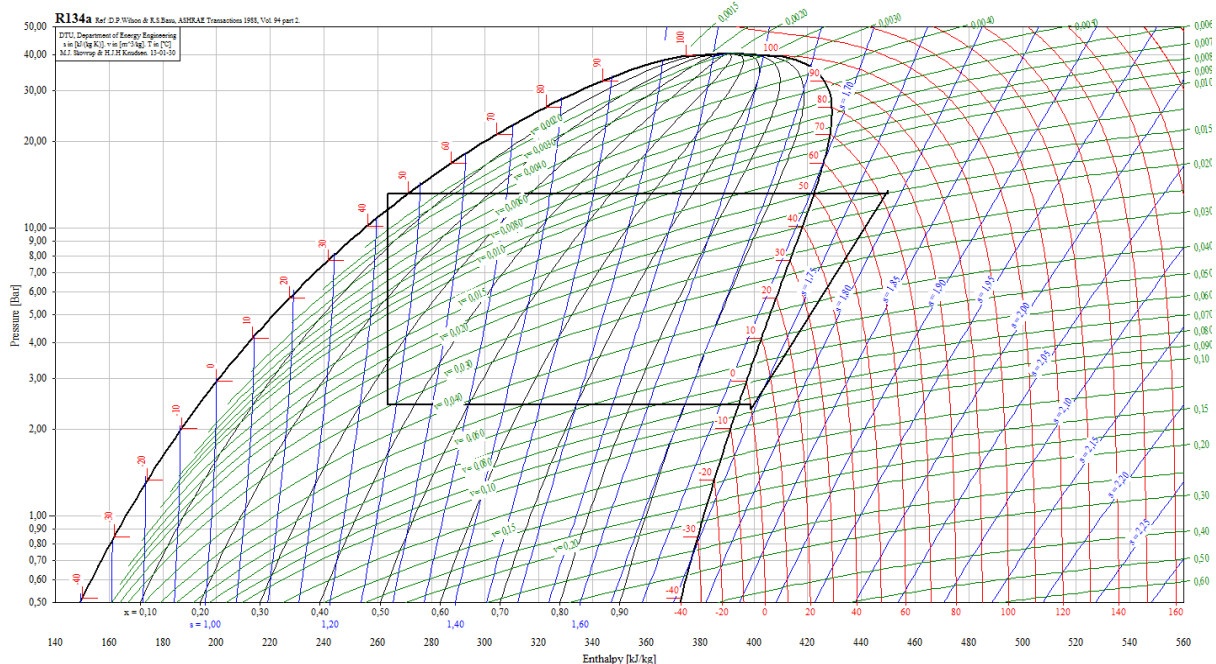


Fig. 1.19. Diagrama de Mollier del refrigerant R-134a

Els resultats obtinguts pel cicle frigorífic estudiat són els mostrats a la taula 1.14.

Paràmetre	Unitat	Valor
Transferència de calor específica a l'evaporador ( $q_e$ )	kJ/kg	135,042
Transferència de calor específica al condensador ( $q_c$ )	kJ/kg	186,319
Treball específic del compressor ( $w$ )	kJ/kg	51,277
COP	-	2,63
Relació de compressió (RC)	-	5,765(*)

Taula 1.14. Valors obtinguts pel programa "Coolpack"

(\*): es pot comprovar que la relació de compressió de la taula 1.14 és lleugerament superior a la calculada anteriorment (5,41). Això és degut a que abans no s'ha tingut en compte la sobrepressió que ha de provocar el compressor per vèncer les pèrdues de càrrega del circuit frigorífic. Per tan, la nova relació de compressió és: **RC=5,765**

La informació de cada punt del cicle frigorífic també s'ha extret del mateix software. La taula 1.15 mostra la informació del cicle:

Punt	T (°C)	P (bar)	U (m <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
1	-0,313	2,344	0,087851	398,754	1,7443
2	73,258	13,510	0,017112	450,031	1,7849
3	72,253	13,176	0,017608	450,031	1,7866
4	45,000	13,176	-	263,712	-
5	-5	2,434	-	263,712	-
6	0,000	2,434	0,084431	398,754	1,7414
15	-	13,011	-	263,712	-

Taula 1.15. Dades de les diferents situacions del refrigerant a la instal·lació frigorífica

L'assignació de cada punt és la següent:

- El punt 1 és el situat just abans de l'entrada al compressor, on s'han tingut en compte les pèrdues de càrrega en la canonada d'aspiració.
- El punt 2 és la descàrrega del compressor.
- El punt 3 és l'entrada al condensador, on s'han tingut en compte les pèrdues de càrrega en la canonada de descàrrega.

- El punt 4 és a la sortida del condensador.
- El punt 15 és l'entrada de la vàlvula d'expansió, on s'han tingut en compte les pèrdues en la canonada de líquid.
- El punt 5 és la sortida de la vàlvula d'expansió i entrada a l'evaporador (els dos components estan situats molt propers).
- El punt 6 és la sortida de l'evaporador.

## 1.7.6. Compressor

### 1.7.6.1. Selecció del compressor

El compressor és l'element principal del circuit frigorífic. És l'encarregat de la circulació del fluid refrigerant i del seu augment de pressió. La informació més detallada dels compressors es troba a l'apartat 2.1.1. *Compressor*.

S'ha escollit el compressor amb el programa "BITZER Software". Aquest fabricant dóna una gran varietat de tipus i potències de compressors molt grans. Introduint les dades de la nostra instal·lació (taula 1.16) escollim el compressor mostrat a la Fig. 1.20 i taula 1.17.

Paràmetre	Unitat	Valor
Temperatura evaporació	°C	-5
Temperatura de condensació	°C	50
Refrigerant	-	R-134a
Subrefredament	°C	5
Reescalfament útil	°C	5
Nombre de compressors	-	1

Taula 1.16. Dades introduïdes al "Bitzer Software"

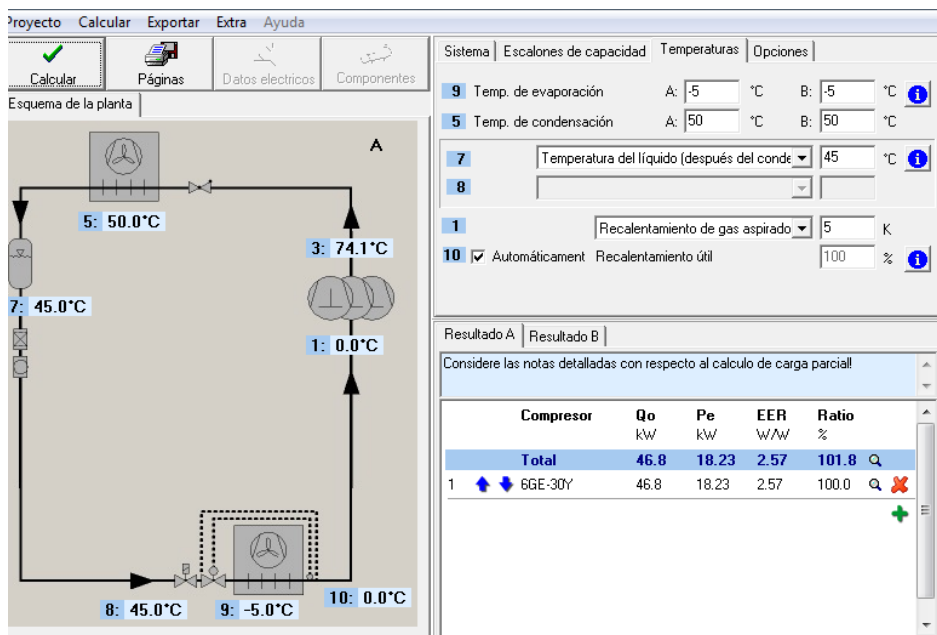


Fig. 1.20. Detall del programa "Bitzer"

Paràmetre	Unitat	Valor
Model	-	Bitzer 6GE-30Y-40P
Potència elèctrica consumida ( $P_{elec}$ )	kW	18,23
COP	-	2,57
Potència frigorífica ( $Q_{evap}$ )	kW	46,8
Caball màssic de refrigerant ( $\dot{m}$ )	kg/h – kg/s	1246 – 0,34611
Temperatura de descàrrega	°C	74,1

Taula 1.17. Dades principals obtingudes del "Bitzer Software"

La documentació amb totes les especificacions tècniques es troba a l'annex 2.3.1. *Compressor*.

El motius pels quals s'ha escollit un compressor alternatiu són els següents:

1. Són els compressors més utilitzats en l'actualitat perquè són molt robustos i fiables.
2. Són els compressors òptims per treballar en un rang de -5°C en l'evaporador (tenen elevats rendiments, sobretot a càrregues parcials).
3. La regulació de capacitat en aquests és molt senzilla, bastant eficient i econòmica.
4. Al ser els compressors més utilitzats per les cases distribuïdores (juntament amb els compressors de cargol), són els compressors que disposen de més informació, programes de càlcul i mètodes de regulació de característiques (capacitat, engegada en buit...).

També s'ha considerat la opció del compressor de cargol, però s'ha descartat perquè té un rendiment una mica més baix, estan més dissenyats per funcionar amb potències més elevades i presenten més problemes de lubricació que els compressors alternatius.

Una dada a tenir en compte és que la compressió del fluid la realitza un sol compressor. Ara bé, s'utilitza molt realitzar la compressió en dos o més compressors en paral·lel. Un avantatge molt important és que es pot regular la capacitat de la instal·lació de forma més precisa que en el cas de tenir un sol compressor. Si en el "Bitzer Software" introduïm que el nombre de compressors sigui dos, la solució obtinguda és la següent:

Paràmetre	Unitat	Compressor 1	Compressor 2	Total
Model	-	4JE-13Y	4HE-15Y	-
COP	-	2,60	2,61	2,60
Potència frigorífica ( $Q_{\text{evap}}$ )	kW	22,4	26,3	48,6

*Taula 1.18. Dades principals obtingudes del "Bitzer Software" amb dos compressors en paral·lel*

La taula 1.19 compara la instal·lació amb un compressor i amb dos compressors en paral·lel.

		Instal·lació amb un compressor	Instal·lació amb 2 compressors
Paràmetre	Unitat	Valor	Valor
COP	-	2,57	2,60
Potència frigorífica ( $Q_{\text{evap}}$ )	kW	46,8	48,6
Cost del/s compressor	€	6965	9517

*Taula 1.19. Comparació de resultats depenent del nombre de compressors en paral·lel*

Com es pot comprovar, el sistema amb dos compressors en paral·lel pràcticament no aporta pràcticament millores des del punt de vista energètic. L'únic avantatge que presenta és, com s'ha comentat anteriorment, la diversitat

de reduccions de capacitat. Per tan, com que la diferència econòmica és notable, s'opta per escollir un únic compressor.

### 1.7.6.2. Equipament extra del compressor

#### Regulació de capacitat

Segons la norma UNE-86-609-85 ("Maquinària frigorífica de compressió mecànica, fraccionament de potència"), el nombre mínim d'escales de capacitat és el mostrat a la taula 1.20.

Escalones de parcialización

Número mínimo de escalones de parcialización	Potencia nominal según UNE 86-601 (Kw)	
	En régimen de frío (1)	En régimen de calor (2)
1	50	60
2	160	200
3	340	400
4	650	800
6	1000	1200

Taula 1.20. Nombre mínim d'escales de capacitat del compressor

Nombre mínim d'escales de capacitat = 1

Com es pot comprovar, no fa falta que el compressor sigui capaç de reduir la seva capacitat ja que el 100% de capacitat compta com una escala. Ara bé, s'instal·la un regulador de capacitat ja que s'optimitza millor el cicle frigorífic i el consum energètic.

Com que la cambra frigorífica no necessita un control de la capacitat del compressor molt estricte, s'ha decantat per instal·lar un regulador de capacitat que descarregui algun dels seus cilindres, obtenint en el nostre cas una

regulació de la capacitat del 0% - 33% - 66% - 100% del valor nominal. S'ha escollit aquest sistema de regulació per la seva fiabilitat, senzillesa i perquè és més econòmic que els anteriors (poc més de 300 €). A més a més, presenta bons COPs en aquests tres modes de funcionament.

Tota la informació sobre els reguladors de capacitat dels compressors es pot trobar a l'annex 2.1.1.4. *Regulador de capacitat*.

### **Resistències calefactores al càrter**

Un altre problema que es pot originar és l'anomenat cop de líquid per oli en el compressor. En el cas d'una instal·lació parada per llarg temps, el refrigerant es barreja amb l'oli en el càrter. En engegar-se la instal·lació es produeix un buit en el càrter, la qual cosa origina una evaporació del refrigerant, arrossegant gotes d'oli i produint-se un cop de líquid. Per evitar això s'instal·len resistències elèctriques en el càrter, que s'activen quan el compressor està a punt d'entrar en funcionament, i la seva intensitat de corrent dependrà de la temperatura que vagi adquirint l'oli. La necessitat d'aquestes resistències és major quan la temperatura ambient és molt baixa.

S'escull la resistència calefactora de càrter com a equipament opcional del compressor.

### **Ventilador de culata**

Es recomanen la utilització d'aquests ventiladors en compressors que estiguin situats en llocs en escassa ventilació i quan s'utilitzin condensadors a distància. També és aconsellable en les instal·lacions amb refrigerant R22, R404A i R507 de baixa temperatura i en els compressors refredats per aigua.

Per evitar problemes de ventilació, s'instal·larà un ventilador de culata.

### **1.7.7. Intercanviadors de calor**

Els intercanviadors de calor en una instal·lació frigorífica són elements imprescindibles. Són els encarregats de produir els intercanvis de calor entre el fluid refrigerant i el fluid secundari. Aquest fluid secundari acostuma a ser aigua o aire, que abunda en la natura.

Els intercanviadors de calor en aquesta instal·lació són l'evaporador i el condensador.

Que els intercanviadors de calor tinguin com a fluid secundari aigua o aire depèn de molts factors, com la disponibilitat de l'aigua, les dimensions de la instal·lació (en instal·lacions de poques dimensions no s'acostuma a fer servir aigua), el factor econòmic, etc.

En el cas de l'evaporador, està clar que com que s'ha de refredar l'interior de la cambra frigorífica (aire), el fluid secundari a utilitzar serà l'aire. En canvi, pel condensador tenim la possibilitat d'utilitzar aigua o aire.

En aquest projecte, s'ha optat per escollir l'aire com a fluid secundari al condensador pels següents motius:

1. Seguretat de la instal·lació.
2. No es disposa de suficients quantitats d'aigua com d'aire (la disponibilitat de l'aigua és quasi sempre el factor determinant). En l'emplaçament, on s'ha d'instal·lar la cambra frigorífica, l'aigua no resulta molt econòmica i a més a més pot ser que en determinats moments el flux d'aigua pateixi limitacions, com per exemple averies en les bombes d'elevació aigua o sequeres.
3. Amb aletes eficaçes s'obtenen elevats intercanvis de calor.
4. Facilitat de la instal·lació.
5. Es necessita una quarta part del manteniment dels intercanviadors que utilitzen aigua.
6. Són més comuns en el mercat per aquest tipus d'instal·lacions.

Per contra, l'ús d'aire com a fluid secundari té com a inconvenients:

1. Transmissió de calor no molt bona, fet que obliga a tenir grans àrees d'intercanvi de calor.
2. Necessitat de moure grans quantitats d'aire.
3. Es necessiten temperatures de condensació elevades (mínim 47-50°C, en el cas d'una cambra de fred a la població de Seròs).

## **1.7.8. Evaporador**

### *1.7.8.1. Selecció de l'evaporador*

L'evaporador és l'element transmissor de calor que es troba a l'interior de la cambra frigorífica. És el component més car de la instal·lació degut als materials resistents que ha de tenir per suportar baixes temperatures. La



informació sobre els evaporadors, els seus tipus i característiques tècniques es troben a l'annex 2.1.2. *Evaporador*.

Les dades a tenir en compte per escollir l'evaporador són les mostrades a la taula 1.21.

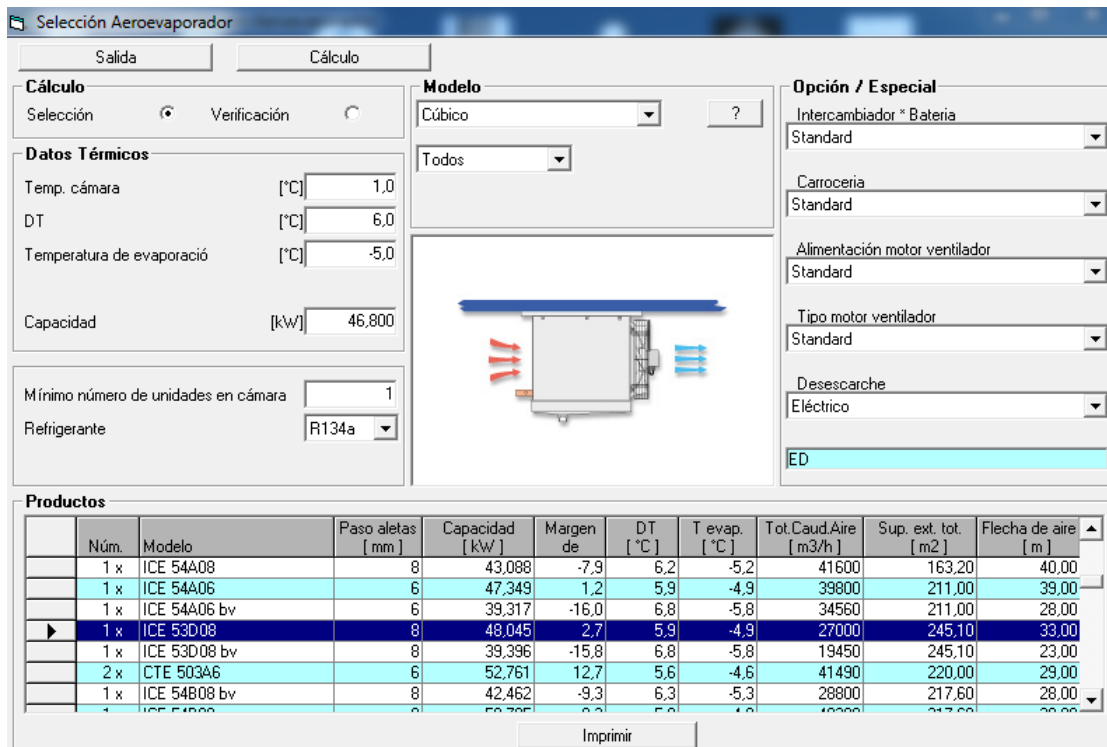
Paràmetre	Unitat	Valor
Temperatura de la cambra frigorífica mínima	°C	1
Salt tèrmic mínim, a l'evaporador	°C	6
Temperatura evaporador	°C	-5
Capacitat de l'evaporador	kW	46,8
Refrigerant	-	R-134a

*Taula 1.21. Dades d'entrada al programa "Scelte32"*

Amb el software "Scelte32", s'ha escollit el model d'evaporador ICE 53D08. S'ha escollit aquest model perquè és el que més s'adapta a les necessitats de la cambra, des d'un punt de vista funcional i econòmic. Les seves principals característiques tècniques són les mostrades a la taula 1.22.

Paràmetre	Unitat	Valor
Capacitat de l'evaporador	kW	48,045
Potència elèctrica consumida	kW	3
Cabal d'aire remogut	m <sup>3</sup> /h	27.000
Potència elèctrica del desglaç elèctric	kW	28,8

*Taula 1.22. Característiques tècniques principals de l'evaporador*



	Núm.	Modelo	Paso aletas [mm]	Capacidad [kW]	Margen de	DT [°C]	T evap. [°C]	Tot.Caud.Aire [m3/h]	Sup. ext. tot. [m2]	Flecha de aire [m]
	1 x	ICE 54A08	8	43,088	-7.9	6.2	-5.2	41600	163.20	40.00
	1 x	ICE 54A06	6	47,349	1.2	5.9	-4.9	39800	211.00	39.00
	1 x	ICE 54A06 bv	6	39,317	-16.0	6.8	-5.8	34560	211.00	28.00
	1 x	ICE 53D08	8	48,045	2.7	5.9	-4.9	27000	245.10	33.00
	1 x	ICE 53D08 bv	8	39,396	-15.8	6.8	-5.8	19450	245.10	23.00
	2 x	CTE 503A6	6	52,761	12.7	5.6	-4.6	41490	220.00	29.00
	1 x	ICE 54B08 bv	8	42,462	-9.3	6.3	-5.3	28800	217.60	28.00

Fig. 1.21. Detall del programa "Scelte32" per a la selecció de l'evaporador

La documentació d'especificacions tècniques de l'evaporador es troba a l'annex 2.3.3. *Evaporador*.

L'evaporador, a diferència del compressor i del condensador, no porta incorporat cap dispositiu per regular la seva capacitat en funció de la càrrega tèrmica de la cambra frigorífica. No s'ha decidit controlar la seva capacitat perquè aquesta ja ve controlada indirectament, o sigui, amb el compressor, el condensador i la vàlvula d'expansió termostàtica. Controlant aquests tres elements, no fa falta intervenir en el funcionament de l'evaporador perquè l'evaporador sempre es veurà en unes condicions de funcionament bastant semblants.

A més a més, un descens anormal de la pressió d'evaporació es veurà frenat per l'acció del pressòstat de baixa pressió.

### 1.7.8.2. Desglaç

Com s'ha comentat en l'annex 2.1.2.4. *Desglaç*, el desglaç és una operació imprescindible en evaporadors que treballen a temperatures negatives, com és el cas ( $T_{\text{evap}} = -5^{\circ}\text{C}$ ).

Hi ha molts tipus de desglaç (mecànic, gas calent...), però en aquesta instal·lació s'ha preferit l'ús de resistències elèctriques pels següents motius:

1. Instal·lació senzilla i econòmica ja que no es necessiten ni bombes per atomitzar aigua, ni canonades ni vàlvules per derivar el vapor calent del compressor, etc. Sol es necessiten unes resistències i alguns sensors de temperatura.
2. Comoditat en quan a control i regulació (es pot adaptar la potència elèctrica de les resistències depenent de la quantitat de gel que s'acumula a l'evaporador).
3. És un sistema ràpid i eficaç.
4. Molts evaporadors disponibles al mercat ja el porten incorporat.

### **Funcionament**

Quan es detecti la presència de gel en l'evaporador (mitjançant sensors de temperatura), el sistema elèctric està programat perquè apagui els ventiladors i tanqui la vàlvula solenoide de la línia de líquid. Aquest tancament provoca la baixada de pressió de la línia de baixa provocant la parada del compressor. Quan aquest para, s'activa el desglaç elèctric.

Un cop detectat que s'ha fos el gel, es para el desglaç. Llavors s'actua obrint la vàlvula solenoide de la línia de líquid i es posen en marxa els ventiladors de l'evaporador. Al augmentar la pressió de la línia de baixa, el compressor es posa en funcionament.

### **Duració del desglaç i càrrega tèrmica que representa**

La duració del desglaç és molt difícil de calcular ja que depèn de factors variables en tot moment, com la temperatura i humitat de l'interior de la cambra, la temperatura de l'evaporador i la càrrega tèrmica (com més càrrega tèrmica més temps durarà el cicle de fred, en un determinat període de temps).

Llavors s'aconsella que, en el cas que els evaporadors puguin portar incorporat un desglaç elèctric, aquest estigui pensat perquè funcioni entre una i dos hores al dia, en períodes de trenta minuts. Com que s'ha programat la instal·lació perquè funcioni setze hores diàries, hi ha temps més que suficient per poder fer el desglaç elèctric.

Segons el catàleg del software "Scelte32", l'evaporador ICE 54D10 ED, que és el que s'utilitza en la instal·lació, té una potència elèctrica de desglaç de 28.800 W.

Si es considera que el desglaç funcionarà una hora diària, la càrrega tèrmica que aquesta desglaç aporta a la cambra frigorífica és:

$$\dot{Q}_{desglaç} = P_{elec} \cdot t = 28,8 \text{ kW} \cdot \frac{3600s}{dia} = 103680 \frac{kJ}{dia} = 103,680 \frac{MJ}{dia}$$

Com a conclusió es pot extreure que la calor aportada pel desglaç és, aproximadament, el 4% de la suma de totes les càrregues tèrmiques calculades (apartat 1.7.2). Com que s'ha inclòs un coeficient de seguretat del 20% en el càlcul de càrregues tèrmiques, es pot concloure que encara hi ha més que suficient marge de seguretat. També es tindria suficient marge de seguretat si en comptes de considerar una hora de desglaç diari, se n'hagués considerat dos.

## 1.7.9. Condensador

### 1.7.9.1. Selecció del condensador

El condensador és un dels components més importants de la instal·lació. La seva funció és transmetre la calor del fluid frigorígen a l'ambient exterior. Aquest intercanvi de calor provoca la condensació i posterior refredament del refrigerant. La informació sobre els condensadors, els seus tipus i característiques tècniques es troben a l'annex 2.1.3. *Condensador*.

Com s'ha justificat anteriorment, s'ha triat un condensador refrigerat per aire en comptes d'aigua.

Les dades a tenir en compte per escollir el condensador (que són les introduïdes al programa "Scelte32") són les mostrades a la taula 1.23.

Paràmetre	Unitat	Valor
Temperatura aire exterior	°C	40
Temperatura de condensació	°C	50
Altitud	m	100
Refrigerant	-	R-134a
Capacitat del condensador (*)	kW	64,57

*Taula 1.23. Dades d'entrada al "Scelte 32" per dissenyar el condensador*

(\*): Per trobar la capacitat del condensador, s'han realitzat càlculs que es troben a l'annex 2.2.2.2. *Característiques tècniques de la instal·lació*. A més a més s'ha comparat amb la solució donada pel programa "Coolpack".

Amb el software "Scelte32", s'ha escollit el model de condensador ACE 56B3-SH. Les seves característiques tècniques són les mostrades a la taula 1.24.

Paràmetre	Unitat	Valor
Capacitat del condensador	kW	65,455
Potència elèctrica consumida	kW	1,26
Cabal d'aire remogut	m <sup>3</sup> /h	24.360

*Taula 1.24. Característiques tècniques principals del condensador*

Núm.	Modelo	Capacidad [ kW ]	Margen de	DT [ °C ]	Hot Gas [ °C ]	Tot.Caud.Aire [ m3/h ]	Núm.	Pres. son. tot. [ dB(A) ]	Distancia [ m ]
1 x	ACE 63A3-SH	82.400	27.6	10.0	85.0	35760	3 x 630	54	10
1 x	ACE 56B2-SH	58.359	-9.6	10.0	85.0	26400	6 x 500	46	10
1 x	ACE 56B3-SH	65.455	1.4	10.0	85.0	24360	6 x 500	46	10
1 x	ACE 56B3-DH	69.798	8.1	10.0	85.0	26520	6 x 500	48	10
1 x	ACE 62A3-DH	60.377	-6.5	10.0	85.0	27800	2 x 630	56	10

Fig. 1.22. Detall del programa "Scelte32" per a la selecció del condensador

La documentació d'especificacions tècniques del condensador es troba a l'annex 2.3.2. *Condensador*.

#### 1.7.9.2. Regulació de la capacitat del condensador

El condensador ha estat seleccionat per treballar en unes condicions de capacitat màxima (capacitat del compressor al 100%, temperatura exterior molt desfavorable...). Ara bé, la calor real a extreure pel condensador haurà de ser, gairebé sempre, molt menor. Els seus motius són: temperatura exterior més baixa de la prevista i capacitat del compressor al 33% o 66%.

Per tant, perquè el funcionament del condensador no faci variar notablement el diagrama pressió-entalpia de la instal·lació i per estalviar l'energia consumida al condensador (motors dels ventiladors) s'ha escollit un sistema regulador de la pressió de condensació. Es tracta d'un sistema que, segons la pressió de condensació del refrigerant, actua variant la velocitat de rotació dels ventiladors per tal que l'intercanvi de calor sigui menor.

Tal com s'ha explicat a l'annex 2.1.3.3. *Control de capacitat dels condensadors*, aquest sistema és un dels molts sistemes de regulació de capacitats del condensador. S'ha escollit aquest sistema pels següents motius:

1. Màxima precisió de regulació de la pressió de condensació.
2. Sistema de regulació senzill i econòmic.
3. S'aprofita tot el vapor que surt del compressor i no hi ha cap tipus de bypass per on passen vapors calents que contribueixen a l'augment de la despesa energètica.

### **1.7.10. Vàlvula d'expansió**

La vàlvula d'expansió és un element imprescindible del circuit. La seva funció és regular el cabal de líquid refrigerant des de la línia de líquid a l'evaporador a una velocitat compatible amb la vaporització del líquid i mantenir una diferència de pressions entre l'alta i la baixa pressió del sistema per provocar que el refrigerant es vaporitzi a unes condicions de pressió determinades.

Les principals vàlvules d'expansió són:

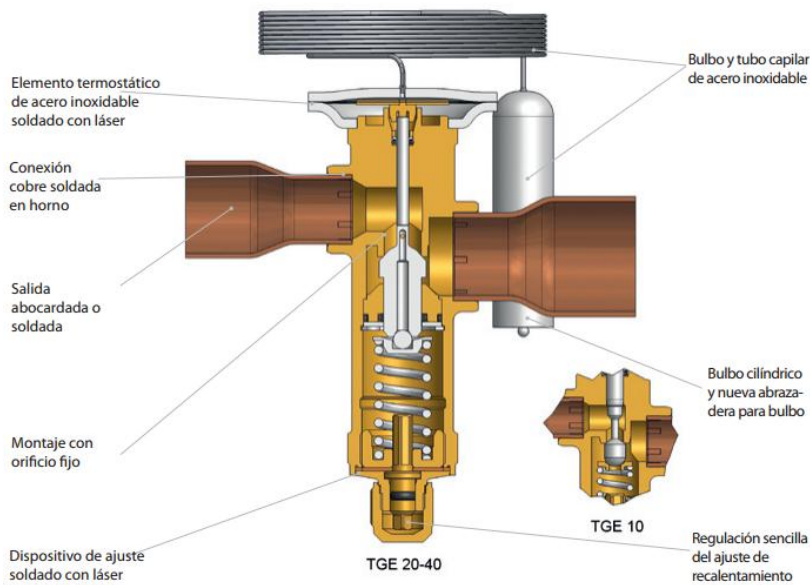
1. Vàlvula d'expansió manual.
2. Vàlvula d'expansió automàtica.
3. Vàlvula d'expansió electrònica.
4. Vàlvula d'expansió termostàtica.
5. Tub capil·lar.

Es pot trobar informació de les vàlvules d'expansió, els seus tipus i les seves característiques en l'annex *2.1.4. Vàlvula d'expansió*.

En aquesta instal·lació la vàlvula escollida és la vàlvula d'expansió termostàtica. Aquesta vàlvula és ideal en evaporadors d'expansió seca ja que l'evaporador es manté ple de refrigerant sense perill de que arribi líquid al compressor. El reescalfament que permet la vàlvula d'expansió termostàtica permet alimentar el compressor únicament amb vapor. A més a més aquestes vàlvules s'adapten a tot tipus de condicions i tenen una vida útil elevada.

Per contra, aquestes vàlvules no mantenen una pressió constant a l'evaporador. En augmentar la càrrega del sistema i mantenir un reescalfament fix, entrarà un major cabal en el bescanviador provocant un augment de pressió i temperatura de vaporització del refrigerant. Conseqüentment, un descens de la càrrega tèrmica en la instal·lació provoca el contrari i aquesta variació provoca un descens de la humitat relativa de la cambra frigorífica.

La Fig. 1.23 mostra les diferents parts d'una vàlvula termostàtica.

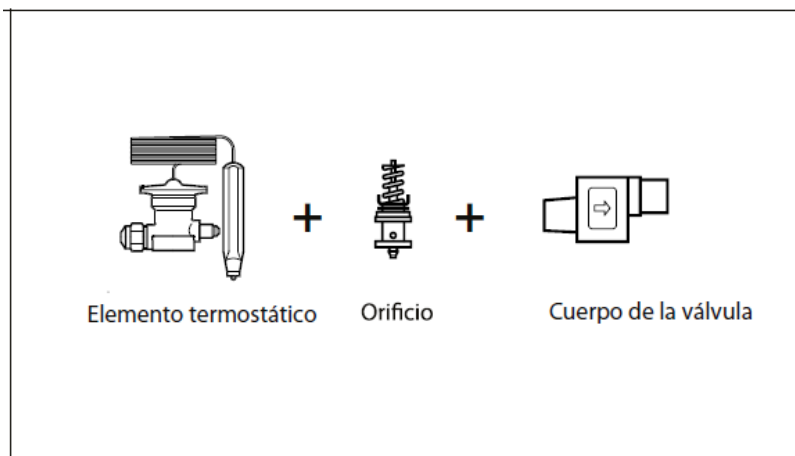


*Fig. 1.23. Detall d'una vàlvula d'expansió termostàtica*

Aquests problemes d'humitat relativa es solucionen regulant la capacitat dels compressors, segons la càrrega tèrmica, i mantenint l'evaporador a màxim rendiment.

O sigui, per solucionar els possibles problemes d'humitats relatives, el compressor porta instal·lat un reductor de la capacitat i l'evaporador no (aquest últim sempre funcionarà a màxim rendiment).

La vàlvula d'expansió a escollir consta de 3 parts, mostrades a la Fig. 1.24.



*Fig. 1.24. Parts de la vàlvula termostàtica a escollir*

La vàlvula d'expansió s'ha seleccionat mitjançant un catàleg de vàlvules termostàtiques de Danfoss. Aquest catàleg amb totes les diferents parts de la



vàlvula d'expansió es pot trobar a l'annex 2.3.4. *Vàlvula d'expansió*. Les seves propietats i codis (extretes del catàleg) són les mostrades a la taula 1.25.

<b>Tipus de vàlvula</b>	Danfoss TE-12
<b>Conjunt d'orifici</b>	TEN 12-13.5
( $Q_{\text{evap}} = 47,5\text{kW}$ ; $N^{\circ}\text{orifici}=6$ )	067B2709
<b>Element termostàtic</b>	TEN-12
(Sense MOP; rang $-40^{\circ}\text{C}/10^{\circ}\text{C}$ ; 3m de tub capil·lar)	067B3232
<b>Cos de la vàlvula</b>	TE-12
7/8" × 1 1/8", Pas recte. Unió soldada	067B4021

*Taula 1.25. Característiques tècniques de la vàlvula d'expansió termostàtica*

## 1.7.11. Altres components

A més a més de l'evaporador, condensador, compressor i vàlvula d'expansió, hi ha molts altres components que s'encarreguen de que el sistema frigorífic funcioni correctament (no hi hagin averies, sigui òptim econòmicament, segur...). L'esquema amb els components de la instal·lació, el seu ordre i simbologia corresponent es pot trobar al plànol 3.1. *Esquema dels components de la instal·lació frigorífica*.

### 1.7.11.1. Vàlvula manual

Aquestes vàlvules, de funcionament manual s'utilitzen bàsicament per poder efectuar reparacions, canvis o manteniment d'algun component bàsic de la instal·lació (compressor, condensador...). S'instal·len dos vàlvules a cada component, un a l'entrada i l'altre a la sortida.

En la instal·lació frigorífica s'instal·laran 6 vàlvules manuals.

### 1.7.11.2. Vàlvula solenoide

La vàlvula solenoide és una vàlvula de funcionament elèctric que permet l'automatització de la instal·lació. Aquestes vàlvules no modulen el flux del fluid

de refrigerant sinó que estan obertes o tancades. Les vàlvules de solenoide poden ser d'acció directa o d'acció pilot, depenent de la dimensió de la vàlvula. També es classifiquen en funció de si admeten refrigerants en estat gas o de líquid, amb totes les condicions de temperatura que comporten.

En la instal·lació frigorífica s'ha previst la utilització d'una vàlvula solenoide situada abans de la vàlvula d'expansió termostàtica. Aquesta vàlvula té una funció molt important: tancar quan el compressor pari per evitar que entre líquid a l'evaporador i conseqüentment al compressor. Aquesta detenció del flux de líquid l'hauria de fer, teòricament, la vàlvula d'expansió termostàtica. Però un mal manteniment de la vàlvula o una situació del bulb en un lloc més calent que l'evaporador deixarà passar una part de líquid al compressor.

A més a més, actuant sobre la vàlvula d'expansió s'obté que la resta d'aparells actuïn en conseqüència ja que variaran les condicions de pressió i temperatura.

### 1.7.11.3. Vàlvula equilibradora de pressions

La vàlvula equilibradora de pressions és un dispositiu de seguretat, utilitzat en les cambres frigorífiques, que permet i regula la comunicació amb l'exterior de les mateixes, evitant depressions o sobrepressions perilloses per a l'estructura d'aquestes, donat el grau d'estanqueïtat amb que actualment es construeixen totes elles, així com la incidència que sobre les estructures arriben a tenir les ràpides variacions de temperatura i els desglaços.

L'apartat 1.6 de la normativa, *IF-11 Cambres frigorífiques, cambres d'atmosfera artificial i locals refrigerats per a processos*, diu el següent:

En totes les cambres amb volum superior als 20 m<sup>3</sup> es disposarà un sistema amb una o diverses vàlvules equilibradores de pressió, la selecció de la qual s'haurà de justificar. El sistema equilibrador de pressió instal·lat tindrà una capacitat total d'intercanvi (extracció o introducció, generalment d'aire o de fluid gasós, aquest últim en el cas de càmeres d'atmosfera artificial), tal que impedeixi una sobrepressió o depressió interna superior a 300 Pa (30 mm.c.d.a.), deguda a les variacions de temperatura de l'aire interior de la cambra (produïdes pels desglaços, entrades de gènere a temperatura diferent de la de l'aire de la càmera, obertura de portes, posada en règim de fred, etc.). La capacitat mínima d'intercanvi del sistema d'equilibrat de pressió interna instal·lat es determinarà mitjançant la fórmula:

$$Q_{vàlvula} = k \cdot \frac{V}{T_i^2} \cdot T_e \cdot \frac{dT_i}{dt}$$

$Q_{v\grave{a}lvula}$ : Cabal d'intercanvi d'aire ( $m^3/s$ )

k: 1 (en cambres de volum interior inferior a  $1000 m^3$ )

V: volum de l'interior de la cambra ( $420 m^3$ )

Ti: Temperatura absoluta mínima de l'interior de la cambra (274 K)

Te: Temperatura absoluta de l'exterior de la cambra (308 K)

dTi/dTe: Variació màxima de la temperatura de l'aire interior en funció del temps en graus Kelvin per segon (velocitat màxima de descens o augment de la temperatura). Es considera que aquest valor serà de  $1K / 5min = 0,003333 K/s$  (valor habitual). Llavors tenim que:

$$Q_{v\grave{a}lvula} = 0,005743456 \frac{m^3}{s} = 344,6 dm^3/min$$

A partir d'aquest cabal obtingut, s'hauran de complir dos condicions més (marcades per l'apartat 1.6 de la instrucció tècnica IF-11):

- Partint d'una sobrepressió o depressió de 300 Pa (30 mm.c.d.a.), el cabal estimat haurà de comparar-se amb el cabal nominal de la vàlvula per a aquesta diferència de pressió de 300 Pa.
- El sistema d'equilibrat haurà de començar a actuar quan la diferència de pressió entre l'interior i l'exterior superi els 100 Pa com a màxim.

#### *1.7.11.4. Vàlvula antiretorn*

Les vàlvules antiretorn, anomenades també magnètiques, tenen com a funció deixar passar el fluid en una sola direcció. Hi ha vàlvules antiretorn que poden muntar-se en qualsevol posició. En canvi, hi ha determinades vàlvules que sol es poden muntar en posició vertical i altres en posició horitzontal.

En la instal·lació frigorífica s'ha previst la utilització de dos vàlvules antiretorn:

1. Entre la canonada de descàrrega i el condensador. Així s'evita que en cas de parada prolongada de l'equip, el gas comprimit es condensi i torni al compressor provocant cops de líquid. Aquesta vàlvula s'ha d'instal·lar tot el més proper possible del compressor per evitar retorns de líquid i oli al compressor en cas de parada.
2. A la vàlvula d'expansió. Just després (en el sentit del fluid) de la vàlvula d'expansió termostàtica, es situa una vàlvula antiretorn amb la fi d'evitar que part del refrigerant evaporat al evaporador retorni cap a la vàlvula

d'expansió en estat gasos, danyant-la. Aquest fet es pot donar en el cas de parada de l'equip.

#### *1.7.11.5. Vàlvules de seguretat*

Són vàlvules destinades a l'evacuació del fluid a l'aire lliure en casos de pressions no desitjables. El nombre de vàlvules de seguretat, la disposició d'aquestes i les característiques tècniques que han de complir depenen del reglament.

Segons la instrucció *IF-08 "Protecció d'instal·lacions contra sobrepressions"*, les vàlvules de seguretat han de complir les següents condicions:

1. Els recipients de líquid amb un volum interior brut inferior a  $100 \text{ dm}^3$  hauran de tenir, com a mínim, un dispositiu d'alleujament, o bé descarregant al sector de baixa, o a un recipient receptor independent o a l'atmosfera. Per les característiques de la instal·lació, el fabricant recomana un recipient de  $57 \text{ dm}^3$ , que porta incorporat una vàlvula de seguretat. El càlcul de la vàlvula ja va incorporat amb el recipient, o sigui es pot estalviar.
2. Els compressors de desplaçament positiu amb un cabal volumètric de més de 25 l/s hauran d'estar protegits amb un dispositiu d'alleujament de pressió muntat entre la descàrrega i l'aspiració segons les Normes EN 12693 o UN EN 60335-2-34. En cas que no es munti una vàlvula de tall en la descàrrega serà suficient amb instal·lar un dispositiu d'alleujament de pressió en el sector d'alta, sempre que no existeixin vàlvules de tall intercalades. El compressor incorpora una vàlvula de seguretat a la seva descàrrega, per tan no es necessita cap vàlvula de seguretat més en el sector d'alta pressió.
3. En el cas que un dispositiu d'alleujament de pressió estigui descarregant, la pressió en qualsevol component no haurà de sobrepassar en més del 10 % la pressió màxima admissible.

O sigui, no fa falta dissenyar les vàlvules de seguretat perquè ja van instal·lades i muntades de fàbrica al compressor i al recipient de líquid.

#### *1.7.11.6. Filtre mecànic*

A posar en funcionament una instal·lació frigorífica, sempre hi ha impureses procedents de les canonades, dels treballs de muntatge, dels components de la

instal·lació i de l'acció dissolvent dels propis refrigerants. Per tant, es necessari instal·lar filtres mecànics per retindre l'arena de fundació, òxids de coure, encenalls metàl·lics, humitats, etc.

Aquestes impureses perjudiquen la instal·lació, ratllant els cilindres i pistons del compressor, obstruint les vàlvules d'expansió, etc.

La instal·lació tindrà dos filtres mecànics: un a la canonada d'aspiració, just abans del compressor i l'altre a la canonada del retorn de l'oli.

#### *1.7.11.7. Visor*

Els visors s'utilitzen en les canonades de líquid o les de retorn de l'oli als compressors.

Els visors de líquid s'utilitza per detectar l'existència de vapor en aquest tram de canonada. També s'utilitzen com a indicadors de nivell. Aquests visors incorporen, pràcticament sempre, unes pastilles de sal química higroscòpica per saber la humitat del fluid frigorigen. Aquestes canvien de color davant una humitat anormal del fluid.

Els visors de retorn de l'oli s'utilitzen per verificar el funcionament automàtic de l'oli del separador.

En la instal·lació es disposaran un visor de líquid i un visor d'oli, en les seves respectives posicions ja que la instrucció *IF-17 "Manipulació de refrigerants i reducció de fugues en les instal·lacions frigorífiques"* obliga a instal·lar, almenys el visor de líquid

#### *1.7.11.8. Filtre deshidratador*

En un circuit frigorífic sempre hi apareixen humitats, per molt que es pretengui evitar-ho. La humitat és sempre perjudicial pels components de la instal·lació. Els principals problemes d'una excessiva humitat en el circuit podem citar:

1. Mal funcionament de la vàlvula d'expansió.
2. L'acció sobre els olis i la hidròlisi del refrigerant.
3. La formació de dipòsits de brutícia que es situen en els intercanviadors de calor, reduint els respectius intercanvis tèrmics.
4. Engomat de vàlvules, taponament de filtres, gripatge dels pistons, deteriorament d'alguns bobinats elèctrics, etc.

Els deshidratadors sempre han d'estar situats en les canonades de líquid, abans que els visors. A més a més, és molt recomanable que s'instal·lin en posició vertical i amb l'entrada del fluid per la part superior.

S'instal·larà un deshidratador en la instal·lació abans del visor de líquid.

#### *1.7.11.9. Purgador d'aire (o de gasos no condensables)*

Durant el funcionament de la instal·lació frigorífica existeix la possibilitat que entri aire al circuit degut, per exemple, a impureses presents al fluid refrigerant. L'eliminació d'aquests gasos és essencial pel correcte funcionament de la instal·lació ja que aquests gasos no condensables són la causa de pressions d'impulsió massa altes i de les disminucions de la transferència de calor al condensador (els gasos no condensables es situen normalment en el condensador i/o en el recipient de líquid).

Aquesta eliminació de gasos no condensables la realitza el purgador d'aire (o de gasos no condensables). Aquest pot ser automàtic o manual.

S'instal·larà un purgador de gasos no condensables manual en algun tram de la canonada de líquid, preferiblement després del condensador. S'escull que actuï manualment perquè és més econòmic. A més a més, donada les dimensions de la instal·lació, la normativa no marca el mode d'actuació d'aquest.

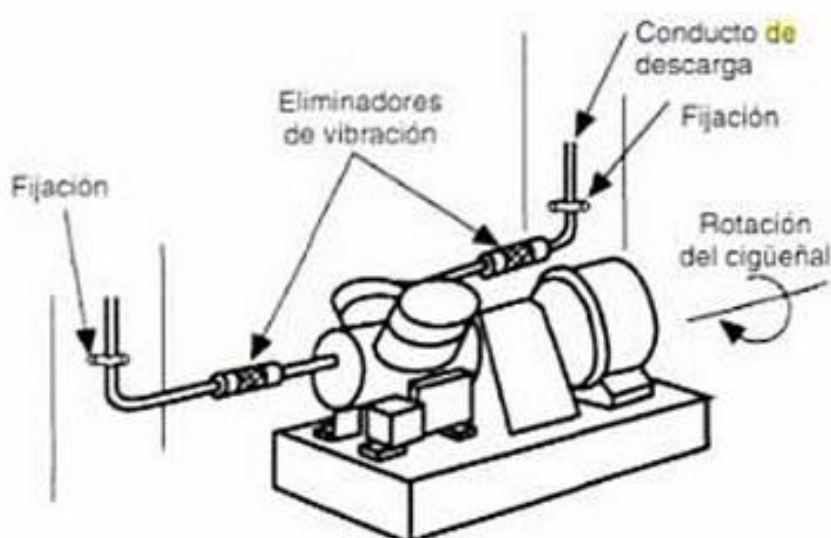
#### *1.7.11.10. Manòmetre*

Són els encarregats de mesurar la pressió del fluid refrigerant. No actuen en el funcionament de la instal·lació però serveixen d'ajuda per detectar averies i funcionaments anormals a la instal·lació. Es situen dos manòmetres a la instal·lació: un abans i un després del compressor.

### *1.7.11.11. Eliminador de vibracions*

La seva finalitat és absorbir les vibracions, degudes al funcionament del compressor, i absorbir les tensions internes produïdes per les dilatacions i contraccions de les canonades.

Els eliminadors de vibracions s'instal·len en la part recta de les canonades, sense cap tipus de compressió axial i en sentit perpendicular a la font de vibracions (en la direcció de l'eix del cigonyal). La Fig. 1.25 mostra la manera d'instal·lar els eliminadors de vibracions.



*Fig. 1.25. Muntatge dels eliminadors de vibracions*

En la present instal·lació es situaran dos eliminadors de vibracions, de la mateixa manera que en l'anterior imatge.

El compressor seleccionat ja porta inclosos dos antivibradors.

### *1.7.11.12. Recipient separador de líquid*

Aquest recipient es situa a la sortida del condensador. La seva finalitat és que la vàlvula d'expansió s'alimenti sol de líquid i que hi hagin reserves de refrigerant a la instal·lació. Aquests recipients tenen un visor per saber el nivell de refrigerant. Aquest control és molt important ja que serveix per tenir un indicador del funcionament de la instal·lació.

La instal·lació frigorífica disposa d'un recipient de líquid, a la sortida del condensador i a l'exterior de la cambra, òbviament. Segons el fabricant, donada la potència frigorífica i la temperatura d'evaporació, el recipient de líquid ha de tenir un volum de refrigerant de  $57\text{dm}^3$ .

També hi ha un tipus de separadors de líquid que es situen a la canonada d'aspiració i que tenen una finalitat semblant als separadors de líquid situats a la canonada de líquid. S'instal·len abans del compressor per evitar que arribi líquid al compressor. S'ha descartat aquest recipient (a la canonada d'aspiració) ja que els pressòstats i la vàlvula d'expansió termostàtica ja protegeixen contra els cops de líquid al compressor. A més a més, els recipients d'aspiració presenten un augment en el reescalfament no útil.

#### *1.7.11.13. Separador d'oli*

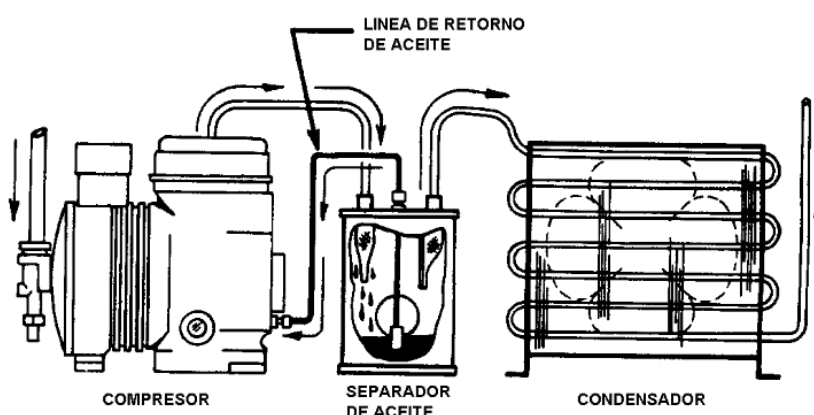
La lubricació en els compressors es realitza de forma superabundant per motius de seguretat en la lubricació. Aquest oli és arrastrat, en part, pel fluid frigorígen i s'ha de separar i retornar al càrter del compressor pels següents motius:

1. S'ha de mantenir un nivell mínim d'oli en el carter a fi de que totes les parts en moviment estiguin lubricades.
2. Suprimir l'acumulació imprevista d'oli en punts com l'evaporador o condensador.
3. Per tenir una quantitat d'oli amb el fluid frigorígen el mínim possible per motius de transferència de calor, bàsicament.

El funcionament del separador d'oli és el següent:

La mescla de refrigerant i oli surt del compressor i arriba al separador d'oli. S'aconsegueix separar l'oli reduint la velocitat del gas, canviant-li la direcció bruscament i adherint l'oli a la superfície on xoca la mescla. Un cop canviats separats, el refrigerant gasós continua cap al condensador. Llavors, l'oli separat s'escorre al fons, on es troba un dipòsit on s'acumula, fins que aconsegueixi un nivell suficient per fer balancejar la vàlvula de flotador i accionar la vàlvula d'agulla, la qual permet el lliure retorn de l'oli al càrter del compressor. El flux d'oli cap al càrter és provocat per la diferència de pressions entre l'alta pressió del gas i la baixa del càrter. Sempre quedarà una petita quantitat d'oli en el separador tal que quan s'acumuli una mica més d'oli, s'accioni el mecanisme de la vàlvula flotador. La Fig. 1.26 mostra el mecanisme del separador d'oli.





*Fig. 1.26. Separador d'oli*

Els separadors d'oli es situen el més propers possible a la descàrrega del compresor. La seva selecció depèn de la potència frigorífica, el tipus de refrigerant i les temperatures de condensació i evaporació.

La instal·lació disposarà d'un separador d'oli. La canonada de retorn de l'oli fins al càrter del compresor disposarà d'un visor d'oli, per comprovar el correcte retorn de l'oli, i un filtre mecànic, per tenir un oli net d'impureses.

#### *1.7.11.14. Pressòstat*

Els pressòstats són els reguladors encarregats de controlar la pressió de baixa i d'alta del circuit i aturar o posar en marxa el compresor quan sigui necessari.

De pressòstats n'hi ha de baixa i d'alta pressió. Però, és més útil utilitzar els pressòstats combinats, ja que reuneixen les funcions d'ambdós.

Els pressòstats de baixa pressió tenen dos funcions: regular el funcionament i protegir la instal·lació.

Com a regulador del funcionament es pot dir que el pressòstat actua indirectament sobre la temperatura de l'interior de la cambra ja que quan la pressió d'evaporació baixa fins a un punt (baixa la temperatura de l'interior de la cambra i, conseqüentment del refrigerant a l'evaporador) el pressòstat fa aturar el compresor. El compresor no es posarà en marxa fins que la pressió d'evaporació torni a augmentar fins a un valor determinat.

Com a protecció de la instal·lació. El pressòstat atura el compresor en cas d'un descens anormal de la pressió d'aspiració (per exemple, una obturació en

l'aspiració). Un cop aturat, la pressió d'aspiració va augmentant fins a un valor determinat, moment en que el pressòstat dóna l'acció d'engegar el compressor.

Els pressòstats d'alta pressió tenen sol la funció de protecció (en aquesta instal·lació frigorífica). Quan la pressió d'alta arriba a valors perillosos, el pressòstat d'alta dóna l'ordre d'aturar el compressor. Quan la pressió d'alta torna als valors de funcionament, el compressor pot tornar a posar-se en funcionament.

Com s'ha comentat, la instal·lació disposarà d'un pressòstat combinat d'alta i baixa pressió, complint així amb la instrucció *IF-08 "Protecció d'instal·lacions contra sobrepressions"*.

#### *1.7.11.15. Termòstat*

El termòstat és l'aparell electrònic sobre el qual actuarà l'operari de la cambra frigorífica per tenir l'interior de la cambra a la temperatura que ell desitgi. Són aparells de regulació de la temperatura de funcionament tot o res. Depenent de la temperatura que l'operari desitgi i la temperatura a la que es trobi realment la cambra frigorífica, el compressor estarà en funcionament o no. El termòstat té uns límits d'actuació. Per exemple: quan l'operari vol que la cambra estigui a 2 °C, el compressor es posarà en marxa quan la cambra estigui a 4 °C i es parará quan arribi a 0 °C. Els límits d'actuació són, en aquest exemple, de 2 °C tot i que poden prendre diferents valors.

La instal·lació frigorífica disposarà d'un termòstat a l'interior de la cambra. També disposarà d'un termòstat amb bulb a l'evaporador, per poder fer el desglaç elèctric tot i que aquest termòstat ja el porta incorporat i instal·lat l'evaporador escollit.

#### *1.7.11.16. Regulador de pressió a l'admissió*

La funció del regulador de pressió en l'aspiració és preveure que aquesta pressió no superi un determinat valor que provoqui una sobrecàrrega en el compressor. Es pot donar una sobrecàrrega en el compressor sempre que la pressió a l'evaporador sigui superior a la pressió seleccionada en el compressor. Per exemple, en una aturada prolongada del compressor o el primer cop de l'estiu que es posa en funcionament la cambra frigorífica.

Es pot veure que a l'apartat 1.8.3.2. *Equipament opcional del compressor*, el compressor porta incorporat un sistema d'arrencada en buit. O sigui, ens soluciona el tema de les sobrecàrregues a l'arrencada del compressor.

Per tan, es descarta la instal·lació d'un regulador de pressió a l'admissió

## **1.7.12. Disseny de canonades**

### *1.7.12.1. Introducció*

Els sistemes de canonades de la instal·lació frigorífica són les encarregades de transportar i allotjar el fluid refrigerant en el seu interior. Per tan, han de comportar-se químicament de forma estable amb el refrigerant. A més a més, les canonades estan dissenyades per complir amb unes certes funcions. Aquestes són:

- No tenir una gran caiguda de pressió a les diferents canonades. Les pèrdues de càrrega a les canonades provoca l'augment de la relació de compressió del compressor (i per tan, augmenta el consum elèctric). A més a més, en una instal·lació amb zero subrefredament del refrigerant, la més mínima caiguda de pressió a la canonada de líquid provoca la vaporització parcial del refrigerant (danyant considerablement la vàlvula d'expansió). Per aquest motiu és important tenir un bon subrefredament.
- Evitar tots els problemes relacionats amb l'oli del compressor. O sigui, evitar que l'oli s'acumuli en diferents parts del circuit.
- Tenir la màxima neteja al sistema de canonades. Absència de restes materials que puguin pertorbar el bon funcionament de la instal·lació.

Depenent del refrigerant utilitzat, s'escullen els materials que han de constituir les canonades. Per exemple, amb l'amoníac no es poden utilitzar canonades de coure i si d'acer. En canvi, amb el refrigerant R-134a, les canonades a utilitzar són les de coure.

Les canonades de coure han de complir la normativa *IF-05. "Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics"* i la *IF-06. "Components de la instal·lació, apartat 3 canonades i connexions"*.

## **Canonada d'aspiració**

La canonada d'aspiració és la canonada compresa entre l'evaporador i el compressor. Aquesta ha d'estar ben dimensionada. Una pèrdua de càrrega excessiva del fluid refrigerant en aquest tram pot ocasionar pèrdues importants de capacitat i eficàcia del sistema, ja que es força al compressor a funcionar a una pressió d'aspiració més baixa per mantenir la temperatura d'evaporació desitjada en l'evaporador.

La velocitat del refrigerant, que en aquest tram es troba en estat vapor, ha de ser suficient per arrossegar l'oli al càrter del compressor. En el cas de la instal·lació frigorífica d'aquest projecte la velocitat mínima del vapor no és de molta importància ja que els compressors estan situats per sota dels evaporadors, la qual cosa significa que l'oli drenarà per gravetat.

La pèrdua de càrrega admissible en aquest tram no ha de ser superior a l'equivalent a un augment de temperatura d'1 K. Les canonades d'aspiració han d'estar aïllades per prevenir la condensació de la humitat de l'aire ambient i reduir els guanys de calor. L'aïllament de les canonades d'aspiració ha de dissenyar-se de manera que en la superfície exterior de l'aïllament la temperatura sigui superior a la de la rosada de l'aire dels voltants per evitar la formació de humitats. El càlcul de l'espessor de l'aïllament de la canonada d'aspiració es troba a l'apartat 1.7.13.4. *Aïllament de la canonada d'aspiració.*

## **Canonada de descàrrega**

El fet de dissenyar malament la canonada de descàrrega també afecta directament a la capacitat del sistema. Una elevada caiguda de pressió en les línies de gas calent incrementa la potencia del compressor que es necessita per unitat de refrigeració i disminueix la capacitat del compressor.

Per mantenir mínima aquesta caiguda de pressió es tendeix a escollir majors diàmetres en aquestes línies, encara que s'ha de mantenir una mínima velocitat del vapor per a l'arrossegament de l'oli en totes les condicions de càrrega del sistema.

En el cas de la instal·lació frigorífica, la velocitat mínima del vapor té més importància. S'ha de mantenir una velocitat del vapor entre 15 i 25 m/s aproximadament. És important recordar que es disposa de separador d'oli, així que la quantitat d'oli que circula pel circuit és mínima.

La pèrdua de càrrega admissible en aquest tram ha de ser l'equivalent a una disminució de temperatura de com màxim 1 K.

Les canonades de descàrrega no s'han d'aïllar ja que és millor que perdin calor, encara que cal evitar riscos de cremades per contacte.

## **Canonada de líquid**

El disseny de la canonada de líquid és menys crític que el de les altres canonades, ja que l'oli està barrejat amb el refrigerant en estat líquid i a les temperatures de condensació i velocitats de líquid normals, que solen ser petites, no existeix risc de formació de dipòsits d'oli en el condensador i en el recipient de líquid.

Les canonades de líquid han de dissenyar-se de manera que arribi líquid lleugerament subrefredat a la vàlvula d'expansió i a una pressió prou alta (major a la pressió de saturació corresponent a la temperatura del líquid) per a un correcte funcionament d'aquesta. Per tant la caiguda de pressió en aquestes canonades a causa del fregament de les vàlvules i altres accessoris ha de ser mínima per evitar la vaporització del refrigerant en la línia.

La canonada de líquid no s'ha d'aïllar ja que pràcticament no hi ha transferència de calor en aquesta canonada. La pèrdua de pressió admissible, en graus, és de 0,5 K

## **Canonada de retorn de l'oli al compressor**

Aquesta canonada és la compresa entre el separador d'oli i el càrter del compressor. No és una canonada que hagi de complir estrictes requisits apart d'assegurar la bona lubricació del compressor. El diàmetre d'aquest tram de canonada serà el que millor s'adapti a les unions al compressor i/o al separador d'oli.

### *1.7.12.2. Selecció de canonades*

Per a la selecció dels diàmetres de les canonades s'utilitza el software "Solkan 8.0". Aquest necessita, per al seu càlcul, les dades del cicle frigorífic i principalment, les pèrdues de pressió de cada canonada i la longitud d'aquesta.

Ara bé, la longitud de cada canonada és la suma de dos termes: la longitud de tub més la longitud associada a les pèrdues de càrrega de les diferents singularitats (colzes, vàlvules, etc).

Les longituds equivalents de cada element s'han aproximat segons els diferents autors presents en la bibliografia. Aquestes són les següents:

**Longitud equivalent en aixeta de pas (vàlvula manual): 5 m**

**Longitud equivalent en colze de 90°: 0,6 m.**

Es té doncs, les següents dades (taula 1.26 i 1.27)) que es poden veure lleugerament modificades (o sigui, són aproximades) en el moment del muntatge pel propi instal·lador (si és per necessitat).

Canonada	Longitud de canonada (m)	Nº vàlvules manuals	Nº colzes
Aspiració	6,5	2	2
Descàrrega	2,8	2	2
Líquid	6,5	5	2

*Taula 1.26. Singularitats de cada tram de canonada*

Canonada	Longituds equivalents de canonada (m)
Aspiració	17,7
Descàrrega	14
Líquid	32,7

*Taula 1.27. Longitud equivalent de cada tram de canonada*

Introduint les dades al programa “Solkane 8.0”, obtenim els següents resultats, mostrats a la taula 1.28.

Canonada	Diàmetre interior(mm)	Diàmetre exterior (mm)	Diàmetre (polzades)
Aspiració	50	54	2-1/8”
Descàrrega	25	28	1-1/8”
Líquid	20	22	7/8”

*Taula. 1.28. Diàmetres de les canonades*

Amb aquests diàmetres de canonada s’assegura que no hi hagin excessives pèrdues de pressió i s’assegura un suficient arrossegament de l’oli. La imatge del programa “Solkane” es pot trobar a continuació (Fig. 1.27):

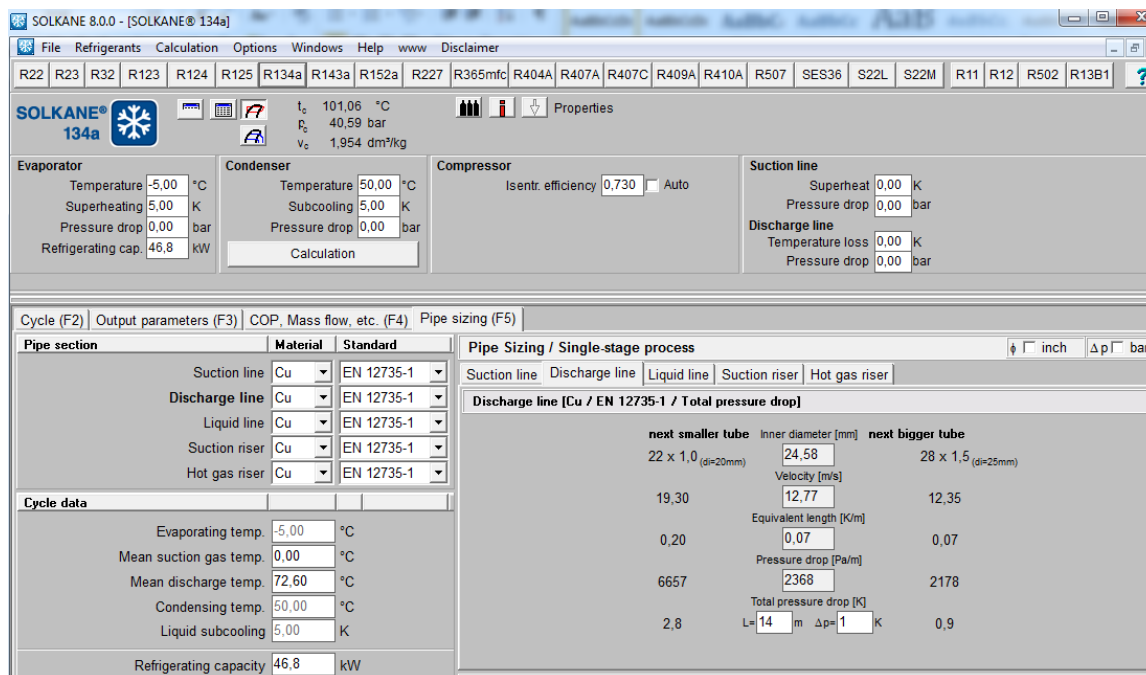


Fig. 1.27. Programa "Solkane 8.0" per a la determinació de les canonades

### 1.7.12.3. Volum i massa de refrigerant de la instal·lació

Un cop determinats les longituds de les canonades i el seu diàmetre interior, ja es pot saber la quantitat total de líquid refrigerant que necessitarà la instal·lació frigorífica. Aquesta, es mostra a la taula 1.29.

$$V_{\text{refrigerant}} \cong V_{\text{canonades}} + V_{\text{condensador}} + V_{\text{evaporador}} + V_{\text{recipient líquid}}$$

$$V_{\text{canonades}} = \sum \left( \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \cdot L_i \right)$$

	Volum (dm <sup>3</sup> )
Canonada aspiració	12,8
Canonada descàrrega	1,4
Canonada de líquid	2
Condensador	42
Evaporador	100
Recipient de líquid	57
<b>TOTAL</b>	<b>215,2</b>

Taula 1.29. Volum total de refrigerant

La massa de refrigerant serà la suma de les masses de refrigerant a la canonada de líquid, al recipient de líquid i al condensador, en part. No es té en

compte les masses del refrigerant en estat vapor degut que la densitat del vapor, en comparació de la del líquid, és insignificant.

La densitat del líquid s'obté amb taules i pel refrigerant R-134a, a 45 °C, és de 1124,7 kg/m<sup>3</sup>. Si tenim que el volum de refrigerant líquid és 101 dm<sup>3</sup>, llavors la massa del refrigerant a la instal·lació frigorífica és de **113,6 kg**. Aquest valor és inferior al límit que posa la normativa, explicada a l'apartat 1.7.4.5. *Normativa dels fluids frigorífics* (176,4 kg, en el nostre cas).

#### 1.7.12.4. Espessor de les canonades

Segons la instrucció IF-04. "Utilització dels diferents refrigerants", l'espessor mínim de les canonades ve donada per l'expressió següent:

$$T = \frac{P \cdot D}{20 \cdot F + P}$$

T: espessor de la canonada (mm)

D: diàmetre exterior de la canonada (mm)

P: Pressió relativa màxima admissible (bar)

F: Resistència: 40 N/mm<sup>2</sup>

En cap cas l'espessor serà inferior a **0,7 mm**.

Llavors, l'espessor mínim de les canonades es mostra a la taula 1.30.

Canonada	D (mm)	P (bar)	F (N/mm <sup>2</sup> )	T <sub>mínim</sub> (mm)	T <sub>escollit</sub> (mm) (*)
Aspiració	54	1,34	40	0,7	1,25
Descàrrega	28	12,5	40	0,7	1
Líquid	22	12,5	40	0,7	1

Taula 1.30. Espessor de les canonades

(\*): aquest espessor és el proporcionat pel fabricant.



### 1.7.13. Aïllament de la cambra frigorífica

#### 1.7.13.1. Parets i sostre

S'escull el mateix tipus d'aïllant per a parets i sostre ja que tenen la mateixa transferència de calor, per metre quadrat. El tipus d'aïllant és panels sandwich. Aquest tipus de panels són escollits per tots els instal·ladors frigorífics per la seva senzillesa de muntatge i perquè presenten uns coeficients de transferència de calor molt baixos. A més a més, al ser prefabricats i ràpids de col·locar, redueixen molt el seu cost. El que s'ha de determinar és l'espessor dels panels sandwich.

Es tenen en consideració tres espessors, proporcionats per l'empresa Taver: 70, 100 i 155 mm.

El fabricant no recomana en cap cas l'ús del panel de 70 mm d'espessor per la cambra frigorífica ja que aquest tipus és per cambres de temperatures per damunt de 5°C. Per tan, el panel d'espessor de 70 mm queda descartat. Queda decidir si triar el de 100 o el de 155mm.

D'entrada, el fabricant recomana el panel de 100mm pel nostre tipus de cambres frigorífiques (el de 155mm va més adreçat a cambres de congelació). Tot i la recomanació del fabricant, s'estudiarà els costos (fixos i variables) que representa la instal·lació del panel de 100mm o el de 155mm.

Tots els càlculs relacionats amb els costos fixos (panel sandwich) i els variables (electricitat) estan a l'annex 2.2.3. *Espessor de l'aïllament*.

Els costos fixos i variables són els mostrats a la taula 1.31.

Espessor (mm)	Preu aïllant (€/m <sup>2</sup> )	Superfície de parets i sostre (m <sup>2</sup> )	Cost de l'aïllant (€)
100	39,5	274	10.823
155	46	274	12.604

Taula 1.31. Preu dels diferents panels i cost total d'aquests (cost fix)

O sigui, l'estalvi de posar l'aïllant de 100mm en comptes del de 155mm és de **1.781€**.

El cost variable d'utilitzar la cambra durant 15 anys (és el període considerat de funcionament, a l'annex 2.2.3.1. *Cost variable*) és el següent (taula 1.32):

Espessor aïllant (mm)	Cost elèctric durant 15 anys (€)
100	43.654
155	41.561

Taula 1.32. Cost elèctric durant 15 anys, depenent de l'espessor de l'aïllant

Llavors, la diferència de consum elèctric, en 15 anys, és d'aproximadament **2.100 €**.

En resum, tenim que si escollim el aïllant de 100 mm d'espessor hem de disposar d'una inversió inicial 1781€ menor. En canvi, en 15 anys de funcionament de la cambra s'haurà consumit 2100€ de més, d'electricitat. O sigui, en 15 anys de funcionament és més econòmic utilitzar el panel aïllant de 155 mm d'espessor.

Ara bé, la diferència és molt petita (319€). Com que és tan petita, no serà el factor determinant a tenir en compte.

Finalment, s'escull l'aïllant de **100 mm d'espessor** pels següents motius:

- La inversió inicial és menor. Aquest és un factor a tenir en compte en cas que el client tingui problemes de finançament.
- És l'espessor recomanada pel fabricant Taver.
- Els càlculs del consum elèctric no poden ser del tot determinants ja que és impossible saber, a priori, les variacions del preu de l'electricitat al llarg de la vida útil de la cambra frigorífica.

S'ha de comprovar que el panell aïllant compleixi amb la normativa *IF-11*.

*Cambres frigorífiques, cambres d'atmosfera artificial i locals refrigerats per a processos*, que diu en respecte a l'impacte ambiental, que la transferència de calor a través de l'aïllant serà inferior a  $8\text{W/m}^2$ .

El panel aïllant seleccionat presenta:

$$U = 0,24423 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$\Delta T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  (no es té en compte el màxim de temperatura sinó que s'aproxima a la mitjana de temperatures durant el dia).

Per tan, la transferència de calor per metre quadrat és de:

$$U \cdot \Delta T = 7,33 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Per tan, el panel aïllant seleccionat compleix amb l'apartat 1.2 de la normativa IF-11, que diu que la transferència de calor per metre quadrat ha de ser inferior a  $8 \text{ W/m}^2$ .

### *1.7.13.2. Terra*

En cambres frigorífiques de temperatures positives no s'acostuma a instal·lar aïllament en el terra. En una cambra frigorífica de refrigeració amb temperatures positives, les perdudes tèrmiques ocasionades per l'absència d'aïllaments en el terra, són mínimes comparat amb el cost d'adquisició i sobretot d'execució. Per tan, el terra de la cambra frigorífica serà el mateix que el de la nau industrial.

La nau disposa d'un terra de formigó llis amb una gran resistència a la compressió que es pugui donar a la cambra degut als palets de fruita.

### *1.7.13.3. Porta*

De portes, n'hi ha de molts tipus. De correderes, de pivotants, d'obertura ràpida amb materials de lona, d'obertura normal (com les portes d'ús domèstic), cortines de plàstic, etc.

En principi les que ocupen menys espai i són més ràpides d'obrir i tancar són les correderes i les d'obertura ràpida. Ara bé, les d'obertura ràpida, al portar incorporat un motor elèctric per obrir-les i tancar-les, no són tan econòmiques i a més a més poden presentar problemes d'obertura i tancament en cas que el motor elèctric no funcioni o no hi hagi corrent elèctrica a la nau industrial.

Per tan, s'escull la porta corredera.

Les dimensions d'aquesta s'han d'adaptar a la forma d'entrar i treure el producte a la cambra. Com s'ha comentat a l'apartat *1.6.2. Requisits de disseny* la forma d'entrar el producte és amb caixes apilades en un palet de fusta. Aquest té 2,30 metres d'alçada (com a màxim) i aproximadament 1 metre d'amplada. Per tan, les dimensions de la porta escollida són:

**Alçada porta: 2,50 m**

**Amplada porta: 1,65 m**

**Espessor porta: 90 mm (és el que s'escull en aïllants de 100mm d'espessor)**

La porta de la cambra frigorífica ha de complir amb els requisits imposats per l'apartat 1.4 de la norma *IF-11. Cambres frigorífiques, cambres d'atmosfera artificial i locals refrigerats per a processos*, que són les següents:

- Totes les portes isotermes portaran dispositius que permetin la seva obertura manual des de dins sense necessitat de clau, encara que des de l'exterior es puguin tancar amb clau.
- L'aïllament de la porta se seleccionarà en coherència amb l'aïllament de les parets. La seva resistència tèrmica serà almenys el 70% del valor de la resistència tèrmica de la paret excepte si la diferència entre l'interior de la càmera i l'exterior de la porta és igual o inferior a 10 K, en aquest cas serà del 50%. O sigui en el nostre cas, la resistència tèrmica serà d'almenys el 70% la de la paret. Per tan, la conductivitat de la porta haurà de complir el següent:

$$R_{porta} = \frac{1}{U_{porta}} > 0,7 \cdot \frac{1}{0,24423} = 2,86615 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$U_{porta} < \frac{1}{2,86615} = 0,3489 W/m^2 \cdot ^\circ C$$

Com que el material de la porta és el mateix que el del panel aïllant, tenim que la resistivitat tèrmica de la porta ( $R_{porta}$ ) serà el 90% de la del panel Sandwich (la porta té un espessor de 90mm i el panel Sandwich de 100mm). Com que la normativa diu que com a mínim la resistivitat tèrmica ha de ser el 70%, la conductivitat tèrmica de la porta compleix amb la normativa citada anteriorment.

#### 1.7.13.4. Aïllament de la canonada d'aspiració

S'acostuma a aïllar la canonada d'aspiració per evitar guanys de calor no útils i per evitar condensacions a la mateixa canonada.

La canonada de descàrrega no s'aïlla perquè ja interessa que cedeixi calor a l'ambient. La canonada de líquid està a una temperatura propera a la temperatura ambient. Per tan, la transferència de calor és menyspreable.

L'aïllament de la canonada d'aspiració ha de complir amb la instrucció IF-05. "Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics".

La expressió que mostra la pèrdua de calor per metre lineal en una canonada, s'obté a partir de la norma, "UNE-EN ISO 12241 Aïllament tèrmic per a equips d'edificació i instal·lacions industrials. Mètode de càlcul", és la següent:

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \frac{1}{a \cdot r_i} + \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \left( \frac{r_e}{r_i} \right) + \frac{1}{b \cdot r_e} \right)}$$

q: transferència de calor lineal (W/m)

$\Delta T$ : increment de temperatura a la canonada = 40 °C

$\lambda$ : coeficient de conductivitat tèrmica de l'espuma elastomèrica = 0,038 W/m·°C. Es pot veure el catàleg de l'espuma elastomèrica a l'annex 2.3.5.3. *Aïllament de la canonada d'aspiració*.

$r_e$ : radi interior de la canonada + espessor aïllant = 0,057 m. L'espessor de l'aïllant ve marcat per la taula de l'apartat "IT 1.2.4.2 Exigència d'eficiència energètica en canonades i conductes" extret del "RITE 07" (taula 1.33). Espessor mínim aïllament = 30 mm.

Diàmetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)		
	> -10...0	> 0...10	> 10
D ≤ 35	30	20	20
35 < D ≤ 60	40	30	20
60 < D ≤ 90	40	30	30
90 < D ≤ 140	50	40	30
140 < D	50	40	30

Taula 1.33. Espessors mínims d'aïllament de canonades i accessoris situats en exteriors d'edificis (RITE 07)

$r_i$ : radi interior de la canonada = 0,027 m

a: coeficient de transferència de calor per convecció interior. Aquest valor es pot considerar menyspreable ja que pràcticament no afecta a la transferència de calor.

b: coeficient de transferència de calor per convecció exterior. Aquest valor, es troba amb taules dels llibres de la bibliografia. El coeficient, donat una velocitat del vent de 0-1 m/s (el lloc on transcorre la canonada d'aspiració està força

arrasserat de les corrents de vent) i un diàmetre exterior de canonada de 54 mm, és  $9,9 \text{ Kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C} = 11,5 \text{ W/m}^2\text{C}$ .

Llavors, la transferència de calor per metre lineal és:

$$q = 11,8 \text{ W/m}$$

Com que la canonada d'aspiració, a l'exterior de la cambra, té una longitud de 5,5m, el guany de calor no útil és de 59 W. És un valor relativament molt petit, per tan no influeix en el funcionament de la cambra frigorífica.

La taula anterior (taula 1.33)) té en compte la transferència de calor i les possibles condensacions que es poden produir a l'aïllant i/o canonada. O sigui, ja compleix amb la normativa imposada pel *RITE 07* i la norma *UNE-EN ISO 12241*. Per tan, si es selecciona adequadament l'espessor de l'aïllant, no hi haurà cap problema, des del punt de vista de les condensacions.

**Espessor final aïllant de la canonada d'aspiració = 30 mm.**

## 1.8. Resultats finals

### 1.8.1. Dimensions cambra frigorífica

#### 1.8.1.1. Panel aïllant sandwich

S'ha escollit un panel sandwich per a la cambra frigorífica de 100 mm d'espessor i de poliuretà (més la barrera antivapor) recobert amb xapes d'acer galvanitzat. Aquest panel és subministrat per l'empresa Taver, que disposa d'una gran varietat de panels (tan com d'espessors com de dimensions). El panel formarà el tancat del recinte (quatre parets més el sostre).

Les dimensions per a la cambra considerades són les següents:

Longitud de la cambra frigorífica: 12 metres

Amplada de la cambra frigorífica: 7 metres

Alçada de la cambra frigorífica: 5 metres

Ara bé, aquestes poden variar lleugerament degut a que les dimensions dels panels són predeterminades. L'empresa Taver facilita una sèrie de dimensions

per la cambra frigorífica. Aquestes dimensions es poden veure a l'annex 2.3.5.1. *Parets i sostre*.

Les dimensions finalment escollides de la cambra frigorífica són les mostrades a la taula 1.34.

Dada	Valor
Alçada cambra frigorífica (m)	5,04
Amplada cambra frigorífica (m)	7,02
Longitud cambra frigorífica (m)	11,96
Espessor (mm)	100

*Taula 1.34. Dimensions exteriors de la cambra frigorífica*

Amb aquestes dimensions, l'empresa s'encarrega de subministrar els diferents panells (amb les seves dimensions de cadascun) i instal·lar-los.

Les dimensions són exteriors, o sigui, seran les dimensions exteriors de la cambra frigorífica.

### 1.8.1.2. Porta

La porta estarà situada, com s'ha justificat a l'apartat 1.7.1.2. *Ubicació de la porta de la cambra frigorífica*, al centre. La paret on es situarà la porta és la única on pot estar-hi, donat que les altres tres parets estan quasi en contacte amb parets de la nau industrial.

La porta escollida és una porta corredera model M4P. Els materials de la porta són els mateixos que els de l'aïllant (és la mateixa empresa subministradora). La taula 1.35 mostra les dimensions de la porta escollida.

Dada	Valor
Alçada (m)	2,50
Amplada (m)	1,65
Espessor (mm)	90

*Taula 1.35. Dimensions de la porta*

### **1.8.1.3. Terra**

Com s'ha justificat en l'apartat 1.7.13.2. *Terra*, s'aprofitarà el terra de la nau industrial. O sigui, no hi haurà cap modificació en el terra de la nau.

### **1.8.1.4. Sala de màquines**

La sala de màquines estarà situada a l'exterior i a la mateixa cota que el terra de la cambra frigorífica. Com s'ha justificat a l'apartat 1.7.1.3. *Ubicació de la sala de màquines*, la sala de màquines estarà ubicada recolzant-se sobre una de les parets de la nau. Concretament, la que està més propera a l'evaporador.

La sala de màquines estarà allotjada en una construcció d'obra de blocs de formigó. Aquesta construcció disposarà de ventilació en el lloc on transcorre el flux d'aire del condensador. Les dimensions de la sala de màquines es poden apreciar al plànol 3.3. Dimensions de la sala de màquines.

A la sala de màquines es troben tots els components de la instal·lació menys la vàlvula d'expansió i l'evaporador.

## **1.8.2. Cicle frigorífic**

### **1.8.2.1. Descripció del cicle**

El cicle frigorífic és un cicle de compressió de vapor simple, o sigui de compressió en una sola etapa. Aquest cicle presenta un subrefredament en el compressor i un reescalfament útil a l'evaporador.

El refrigerant escollit és el R-134a.

La justificació del tipus de cicle frigorífic es troba a l'apartat 1.7.2.1. *Introducció*.

La justificació de la selecció del refrigerant es troba a l'apartat 1.7.4.4. *Selecció del refrigerant*.

La Fig. 1.28 mostra el diagrama pressió entalpia del cicle del refrigerant R-134a



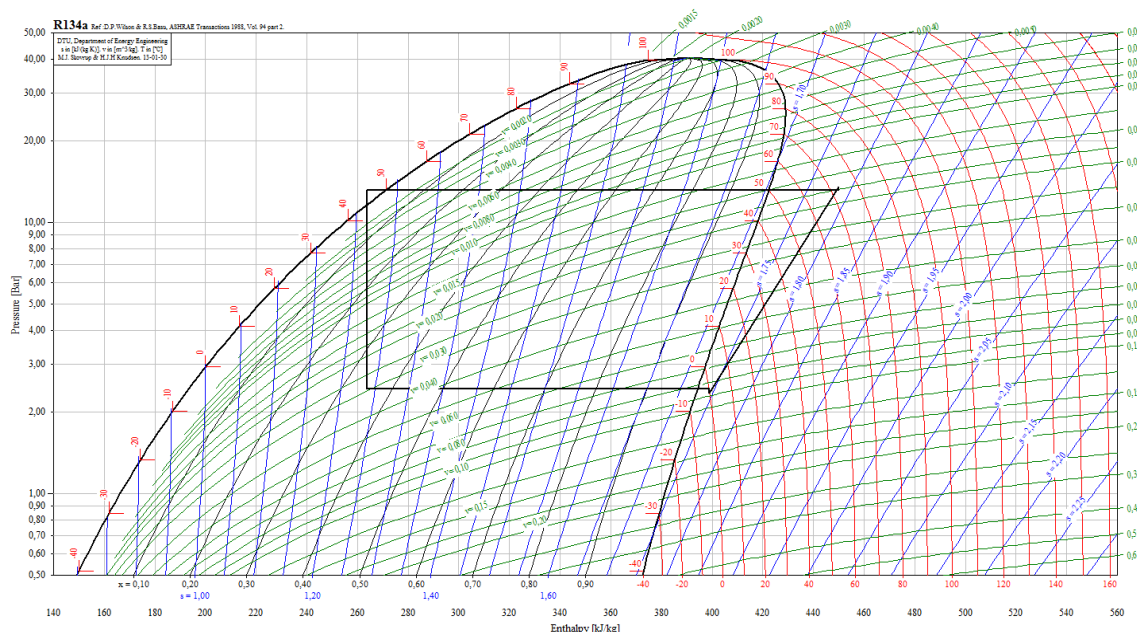


Fig. 1.28. Diagrama de Mollier del refrigerant R-134a

### 1.8.2.2. Dades del cicle frigorífic

Les dades del cicle frigorífic, justificat en els apartats 1.7.3. *Cicle de compressió de vapor*. Dades inicials i 1.7.5. *Cicle de compressió de vapor*. Representació del cicle, són els mostrats a la taula 1.36:

Dada	Unitat	Valor
Temperatura d'evaporació	°C	-5
Temperatura de condensació	°C	50
Pressió d'evaporació	bar	2,434
Pressió de condensació	bar	13,176
Relació de compressió	-	5,765
Subrefredament	°C	5
Reescalfament útil	°C	5
Reescalfament no útil	°C	0
Tipus de refrigerant	-	R-134a
Caiguda pressió aspiració	°C	1
Caiguda pressió descàrrega	°C	1
Caiguda pressió canonada líquid	°C	0,5
Rendiment volumètric ( $\eta_{vol}$ )	-	0,7295
Rendiment isentròpic ( $\eta_{ise}$ )	-	0,7295
Transferència de calor específica a l'evaporador ( $q_e$ )	kJ/kg	135,042
Transferència de calor específica al condensador ( $q_c$ )	kJ/kg	186,319
Treball específic del compressor ( $w$ )	kJ/kg	51,277
Cabal màssic	kg/s	0,34611

Potència frigorífica de l'evaporador	kW	46,8
Potència elèctrica del compressor	kW	18,23
Transferència de calor al condensador	kW	64,57
COP	-	2,57

*Taula 1.36. Característiques tècniques de la instal·lació*

Punt	T (°C)	P (bar)	U (m <sup>3</sup> /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
1	-0,313	2,344	0,087851	398,754	1,7443
2	73,258	13,510	0,017112	450,031	1,7849
3	72,253	13,176	0,017608	450,031	1,7866
4	45,000	13,176	-	263,712	-
5	-5	2,434	-	263,712	-
6	0,000	2,434	0,084431	398,754	1,7414
15	-	13,011	-	263,712	-

*Taula 1.37. Dades de les diferents situacions del refrigerant a la instal·lació frigorífica*

L'assignació de cada punt és la següent:

- El punt 1 és el situat just abans de l'entrada al compressor, on s'han tingut en compte les pèrdues de càrrega en la canonada d'aspiració.
- El punt 2 és la descàrrega del compressor.
- El punt 3 és l'entrada al condensador, on s'han tingut en compte les pèrdues de càrrega en la canonada de descàrrega.
- El punt 4 és a la sortida del condensador.
- El punt 15 és l'entrada de la vàlvula d'expansió, on s'han tingut en compte les pèrdues en la canonada de líquid.
- El punt 5 és la sortida de la vàlvula d'expansió i entrada a l'evaporador (els dos components estan situats molt propers).
- El punt 6 és la sortida de l'evaporador.

### 1.8.3. Compressor

#### 1.8.3.1. Característiques tècniques

El compressor escollit és un compressor semi-hermètic alternatiu del model Bitzer. El compressor s'ha escollit amb el "Bitzer Software". La taula 1.38 mostra les característiques tècniques del compressor.

Dada	Unitat	Valor
Model	-	Bitzer 6GE-30Y-40P
Potència elèctrica consumida ( $P_{elec}$ )	kW	18,23
Potència elèctrica consumida al 66%	kW	12,29
Potència elèctrica consumida al 33%	kW	7,11
Tensió alimentació	V	400
Intensitat de corrent elèctrica	A	31,9
Intensitat d'engegada	A	135 Y / 220 YY
Freqüència de corrent	Hz	50
Temperatura de descàrrega	°C	74,1
Cabal màssic de refrigerant ( $\dot{m}$ )	kg/h - kg/s	1246 - 0,34611
Cabal màssic de refrigerant al 66%	kg/h - kg/s	823 - 0,22861
Cabal màssic de refrigerant al 33%	Kg/h - kg/s	411 - 0,114167
Velocitat de rotació del motor (a 50Hz)	min <sup>-1</sup>	1450
Cabal volumètric	m <sup>3</sup> /h - m <sup>3</sup> /s	126,8 – 0,035222
Nombre de cilindres	-	6
Diàmetre dels cilindres	mm	75
Carrera dels cilindres	mm	55
Pes del compressor	kg	228
Pressió màxima (BP – AP)	bar	19 - 28
Connexió línia d'aspiració	mm - polzades	54 - 2 1/8"
Connexió línia descàrrega	mm - polzades	35 - 1 3/8"
Càrrega d'oli	dm <sup>3</sup>	4,75
Potència del calefactor del càrter	W	140
Codi	-	122484

Taula 1.38. Característiques tècniques del compressor

#### 1.8.3.2. Equipament opcional del compressor

A més a més, el compressor porta una sèrie d'equipament extra. N'hi ha que és opcional:

1. Protecció del motor elèctric IP-54.

2. Regulador de capacitat 100%-66%-33%. S'aconsegueix descarregant els cilindres a l'aspiració d'aquest. El compressor ja porta incorporat tots els dispositius per variar la capacitat en funció de la demanda frigorífica.
3. Ventilador de culata. La intensitat d'aquest és desconeguda, el fabricant no facilita la dada suposadament degut al seu consum baix, menyspreable.
4. Dos antivibradors. Un a l'aspiració i l'altre a la descàrrega.
5. Arrancada en buit del compressor.
6. Calefactor de càrter de 140W de potència elèctrica.

La taula 1.39 mostra les referències de l'equipament opcional del compressor.

Equipament opcional (no va inclòs amb el compressor)	Referència Bitzer	Codi
Calefactor de càrter	343213-04	147118
Ventilador de culata Pecomark (230 V)	-	147208
Regulador de capacitat	302355-10	147238
Arrencada en buit	302357-10	147244

*Taula 1.39. Referències de l'equipament opcional del compressor*

Les descripcions i justificacions de l'equipament extra del compressor es troben a l'apartat 1.7.6.2. *Equipament extra del compressor*.

### 1.8.3.3. Dimensions

Les dimensions del compressor són facilitades pel "Bitzer Software". Aquestes es poden trobar a l'apartat 4.3.1. *Compressor*, del plec de condicions.

## 1.8.4. Evaporador

### 1.8.4.1. Característiques tècniques

Amb el software "Scelte32", s'ha escollit el model d'evaporador ICE 53D08 ED. La taula 1.40 mostra les característiques tècniques de l'evaporador.

Dada	Unitat	Valor
Model	-	ICE 53D08 ED
Refrigerant	-	R-134a

Temperatura evaporació	°C	-5
Potència frigorífica	kW	48
Potència elèctrica consumida	kW	3
Freqüència de corrent elèctric	Hz	50
Tensió d'alimentació	V	400
Intensitat de corrent	A	5,4
Potència desglaç elèctric	kW	28,8
Capacitat de refrigerant	dm <sup>3</sup>	100
Cabal d'aire	m <sup>3</sup> /h	27.000
Flux d'aire	-	Horitzontal
Pes de l'evaporador	kg	356
Nombre de ventiladors	-	3
Velocitat de rotació dels ventiladors	min <sup>-1</sup>	1.220
Diàmetre dels ventiladors	mm	560
Longitud màxima de l'aire impulsat	m	33
Superfície interna	m <sup>2</sup>	49,8
Superfície externa	m <sup>2</sup>	245,1
Pas aletes	mm	8
Connexió entrada	mm	35
Connexió sortida	mm	54
Connexió desguàs	Polzades	3"
Codi	-	301858

*Taula 1.40. Característiques tècniques de l'evaporador*

#### *1.8.4.2. Desglaç*

Aquest evaporador porta instal·lat (opcionalment), com a mètode per desglaçar, unes resistències elèctriques i tots els sensors i dispositius corresponents per al bon funcionament del desglaç. Tota la informació sobre el desglaç de l'evaporador es troba a l'apartat 1.7.8.2. *Desglaç*.

#### *1.8.4.3. Dimensions*

Les dimensions de l'evaporador es poden trobar a l'apartat 4.3.2. *Evaporador*, del plec de condicions.

La situació de l'evaporador dins la cambra frigorífica es pot veure al plànol 3.2. *Vista de perfil de la situació de l'evaporador dins la cambra frigorífica*.

## 1.8.5. Condensador

### 1.8.5.1. Característiques tècniques

Amb el software "Scelte32", s'ha escollit el model de condensador ACE 56B3-SH. És un condensador d'aire, el qual va instal·lat a la sala de màquines. La taula 1.41 mostra les característiques tècniques del condensador.

Dada	Unitat	Valor
Model	-	ACE 56B3-SH
Refrigerant	-	R-134a
Temperatura de condensació	°C	50
Potència tèrmica de condensació	kW	65,455
Potència elèctrica consumida	kW	1,68
Freqüència de corrent elèctric	Hz	50
Tensió d'alimentació	V	400
Intensitat de corrent	A	3,12
Capacitat de refrigerant	dm <sup>3</sup>	42
Cabal d'aire	m <sup>3</sup> /h	24.360
Flux d'aire	-	Horitzontal
Pes del condensador	kg	273
Nombre de ventiladors	-	6
Velocitat de rotació dels ventiladors	min <sup>-1</sup>	870
Diàmetre dels ventiladors	mm	500
Connexió	-	Estrella
Superfície interna	m <sup>2</sup>	21,49
Superfície externa	m <sup>2</sup>	364
Pas aletes	mm	2,1
Connexió entrada	mm	54
Connexió sortida	mm	42
Potència sonora	dB(A)	79

Taula 1.41. Característiques tècniques del condensador

### 1.8.5.2. Regulador de capacitat del condensador

El regulador de capacitat del compressor és un regulador de l'empresa Danfoss, que actua sobre la velocitat dels ventiladors, modificant-la segons la temperatura a la sortida del condensador (porta una sonda de temperatura). Segons la temperatura de control, que en el present cas serà 45 °C (temperatura del líquid subrefredat), el regulador de capacitat variarà la freqüència dels ventiladors del condensador. La justificació d'aquest tipus de

El sistema de regulació es troba a l'apartat 1.7.9.2. *Regulació de la capacitat del condensador*.

El regulador de capacitat té les característiques mostrades a la taula 1.42, detallada a continuació:

Dada	Unitat	Valor
Tipus	-	EKC 331T
Pes	kg	0.320
Àrea d'aplicació	-	Compressors i condensadors
Homologació	-	CE, C-TICK, GOST AE68
Tipus de controlador	-	Controlador de capacitat
Incl. Display	-	Si
EAN	-	5702428087858
Freqüència	Hz	50/60
Funció	-	Regulació de capacitat
Nombre màx. de compressors	-	4
Consum energètic	VA	5,0
Alimentació a.c.	V	230
Codi	-	084B7105

*Taula 1.42. Característiques tècniques del regulador de capacitat del condensador*

### 1.8.5.3. Dimensions

Les dimensions del condensador es poden trobar a l'apartat 4.3.3. *Condensador*, del plec de condicions.

### 1.8.6. Vàlvula d'expansió

La vàlvula d'expansió seleccionada és una vàlvula d'expansió termostàtica.

Aquesta vàlvula ha d'estar muntada de tal manera que permeti un reescalfament (a la sortida de l'evaporador) de 5°C. La vàlvula d'expansió s'ha d'instal·lar després de la vàlvula solenoide i abans de la vàlvula antiretorn que precedeix l'evaporador. O sigui estarà dins de la cambra frigorífica. El bulb de la vàlvula d'expansió es situarà a la canonada entre la sortida de l'evaporador i el lloc on la canonada d'aspiració travessa la cambra frigorífica (no es de gran importància la situació del bulb en aquest tram ja que pràcticament no influeix en el funcionament de la instal·lació).

Les característiques de la vàlvula d'expansió són les mostrades a la taula 1.43 i Fig. 1.29.

<b>Tipus de vàlvula</b>	Danfoss TE-12
<b>Conjunt d'orifici</b>	TEN 12-13.5
( $Q_{\text{evap}} = 47,5\text{kW}$ ; $N^{\circ}\text{orifici}=6$ )	067B2709
<b>Element termostàtic</b>	TEN-12
(Sense MOP; rang $-40^{\circ}\text{C}/10^{\circ}\text{C}$ ; 3m de tub capil·lar)	067B3232
<b>Cos de la vàlvula</b>	TE-12
$7/8'' \times 1\ 1/8''$ , Pas recte. Unió soldada	067B4021

Taula 1.43. Característiques tècniques de la vàlvula d'expansió termostàtica

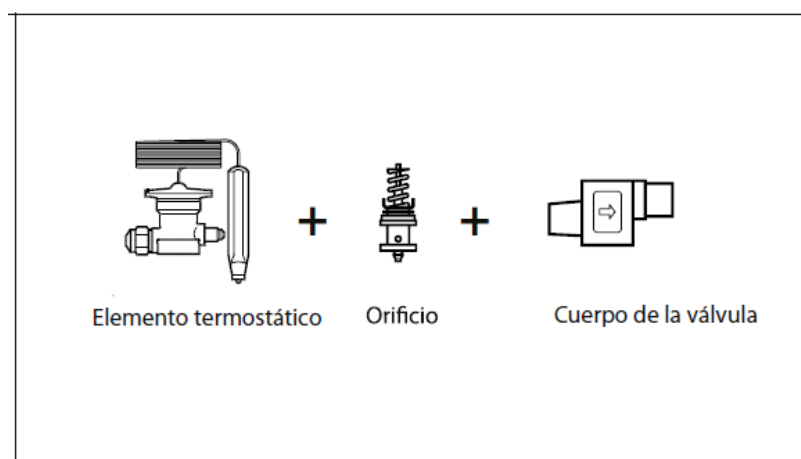


Fig. 1.29. Parts de la vàlvula termostàtica a escollir

### 1.8.7. Altres components

Els següents components són els que regulen el funcionament de tota la instal·lació frigorífica (valvuleria, sensors...). Tots aquests components estan comentats i justificats a l'apartat 1.7.11. *Altres components*.

La situació d'aquests a la instal·lació es pot veure al plànol 3.1. *Esquema dels components de la instal·lació frigorífica*.



### 1.8.7.1. Vàlvules manuals

Aquestes vàlvules s'utilitzen per tancar la instal·lació (evitar perdre refrigerant) en cas de que s'hagi de canviar o reparar algun component de la instal·lació.

Les vàlvules seran del tipus de bola.

S'instal·laran 6 vàlvules manuals a la instal·lació frigorífica, distribuïdes de la següent manera:

- 1 vàlvula a la descàrrega del compressor de 1 3/8".
- 2 vàlvules al condensador. La del costat d'entrada (en el sentit del fluid refrigerant) serà de 2 1/8" i la de la sortida del condensador serà de 1 5/8".
- 2 vàlvules a l'evaporador. La del costat d'entrada serà de 1 3/8" i la de la sortida de l'evaporador serà de 2 1/8".
- 2 vàlvules al recipient de líquid. La vàlvula d'entrada serà de 1 3/8" i la de sortida de 1 1/8". Aquestes vàlvules, com es pot comprovar a l'apartat 1.8.7.12. *Recipient separador de líquid*, les porta incorporades el mateix recipient de líquid.
- 1 vàlvula abans del filtre mecànic d'aspiració de 2 1/8".

Els diàmetres de les vàlvules de bola són els mateixos per a la entrada que per a la sortida.

Les vàlvules són de l'empresa "Danfoss". La taula 1.44 mostra les característiques tècniques de cada tipus de vàlvula de bola.

Vàlvula de bola	Quantitat	Temperatures	Pressió màxima	Model	Codi
1 3/8"	2	-40/+150°C	45 bar	GBC-35s	420861
1 5/8"	1	-40/+150°C	45 bar	GBC-42s	420874
2 1/8"	3	-40/+150°C	45 bar	GBC-54s	420875

Taula 1.44. Característiques tècniques de les diferents vàlvules de bola a instal·lar

### 1.8.7.2. Vàlvula solenoide

S'instal·larà una vàlvula solenoide abans de la vàlvula d'expansió. S'ha de muntar tot el propera possible a la vàlvula d'expansió per evitar els cops d'ariet (així ho especifica l'apartat 3.3.2. "Cops d'ariet en sistemes" de la instrucció "IF-06 Components de la instal·lació").

La vàlvula solenoide s'ha escollit mitjançant els criteris dels catàlegs del fabricant "Danfoss" i el propi criteri. La vàlvula solenoide està composta en dos parts: la vàlvula i la bobina. Les taules 1.45 i 1.46 mostren les característiques tècniques de la vàlvula solenoide i la seva bobina corresponent.

Dada	Unitat	Valor
Tipus	-	EVR 20
Pes	kg	1.058
Actuador	mm	13,5
Temperatura ambient	°C	-40 / 80
Homologació	-	GOST AN30
Bobina	-	No
Direcció	-	Paso recto
EAN	-	5702422033196
Funció	-	NC
Producte igual	-	032F5092
Dimensions entrada	Polzades	7/8"
Tipus d'entrada	-	SOLDAR, ODF
Valor Kv	m <sup>3</sup> /h	5.000
Obertura manual	-	No
Màxima pressió de treball	bar	32,0
Rang temperatura del medi	°C	-40 - 105
ODP mínim	bar	0,050
MOPD	-	Depèn de la bobina
Dimensions orifici	mm	22,00
Dimensions sortida	Polzades	7/8"
Tipus de sortida	-	SOLDAR, ODF
Format pack	-	Multi pack
Classe de disseny de producte	-	C
Potència requerida d'excitació	W	10/12
Refrigerant(s)	-	R134a
Refrigerant(s)	-	R22/R407C
Refrigerant(s)	-	R23
Refrigerant(s)	-	R404A/R507
Refrigerant(s)	-	R407A
Refrigerant(s)	-	R410A
Producte estàndard	-	Sí
Codi	-	401391

Taula 1.45. Característiques tècniques de la vàlvula solenoide

Dada	Unitat	Valor
Tipus de vàlvula solenoide	-	EVR 20
Voltatge	V	230
Freqüència	Hz	50

Potència elèctrica d'excitació	W	12
Referència Danfoss	-	Caixa terminal IP-67
Codi	-	401413

Taula 1.46. Característiques tècniques de la bobina para solenoides

### 1.8.7.3. Vàlvula equilibradora de pressions

S'ha escollit una vàlvula del model "**MINI ELEBAR**" ja que és el model que més proper es troba a la normativa. Com s'ha especificat en l'apartat 1.7.11.3. *Vàlvula equilibradora de pressions*, la vàlvula per una diferència de pressions de 30 mm.c.d.a la vàlvula ha de ser capaç d'equilibrar les pressions amb un cabal de 345 dm<sup>3</sup>/min. Com es pot veure, la vàlvula "MINI ELEBAR" compleix amb l'objectiu ja que per una diferència de 33 mm.c.d.a hi passa un cabal d'aire de 435 dm<sup>3</sup>/min, tal com es pot deduir de la taula 1.47.

<b>MINI ELEBAR</b>									
Dp (en mm. de H <sub>2</sub> O)	2	5	7	9	12	16	20	25	33
Q (caudal de aire en l/min')	20	76	118	150	195	250	290	360	435
<b>ELEBAR</b>									
Dp (en mm. de H <sub>2</sub> O)	2	5	7	9	12	16	20	25	33
Q (caudal de aire en l/min')	51	191	294	375	486	623	746	898	1030
<b>MAXI ELEBAR</b>									
Dp (en mm. de H <sub>2</sub> O)	2	5	7	9	12	16	20	25	33
Q (caudal de aire en l/min')	250	1400	2000	2600	3400	4300	5200	6200	7600

Taula 1.47. Cabals d'aire depenent de la diferència de pressions segons el tipus de vàlvula equilibradora de pressions

Sol s'haurà d'instal·lar una vàlvula equilibradora de pressions. Aquesta estarà encastada a la paret on està la porta, en la part superior i al lloc on l'instal·lador consideri més adient.

### 1.8.7.4. Vàlvula antiretorn

Tal com s'ha justificat a l'apartat 1.7.11.4. *Vàlvula antiretorn*, s'instal·laran dos vàlvules antiretorn. Aquestes seran:

1. Vàlvula antiretorn de l'empresa "Castle" de connexió 1 3/8", recta i per a soldar. Presenta una caiguda de pressió de 0,1 bar. Aquesta vàlvula s'ha d'instal·lar el més proper possible al compressor, a la descàrrega d'aquest.

2. Vàlvula antiretorn després de la vàlvula d'expansió. Aquesta vàlvula serà de l'empresa "Castle" de connexió 1 1/8", recta i per a soldar. Presenta una caiguda de pressió de 0,1 bar. Aquesta vàlvula s'ha d'instal·lar just després de la vàlvula d'expansió, tot el màxim possible a fi d'evitar que refrigerant en estat gasós torni a la vàlvula d'expansió i la danyi.

Situació de la vàlvula	Caiguda de pressió (bar)	Valor de Kv (m <sup>3</sup> /h)	Connexió	Model	Codi
Després del compressor	0,1	15,2	1 3/8" recta i soldada	"Castle" 3122/11	404209
Després de la vàlvula d'expansió	0,1	8,8	1 1/8" recta i soldada	"Castle" 3122/9	404208

Taula 1.48. Característiques tècniques de les vàlvules antiretorn

#### 1.8.7.5. Vàlvula de seguretat

S'escull que les vàlvules de seguretat descarreguin a l'aire lliure, per motius econòmics. Es té que la instal·lació frigorífica consta de dos vàlvules de seguretat. Una en el recipient de líquid, que ja ve muntada en el propi recipient de fàbrica (va inclosa en el producte) i l'altra vàlvula de seguretat és la que va muntada al compressor, a la descàrrega d'aquest. Les justificacions de les vàlvules de seguretat es troben a l'apartat 1.7.11.5. *Vàlvules de seguretat*. Per tan, no fa falta instal·lar cap vàlvula de seguretat més.

#### 1.8.7.6. Filtre mecànic

La instal·lació tindrà dos filtres mecànics: un a la canonada d'aspiració, just abans del compressor i l'altre a la canonada del retorn de l'oli, a la part més fonda possible i abans del visor d'oli. Ara bé, el filtre mecànic de l'oli estarà incorporat al separador d'oli, descrit a l'apartat 1.8.7.13. *Separador d'oli*.

Capacitat	1 cartutx Ø 87mm
Connexions	2 1/8" connexió coure
Tipus de connexió	Soldada
Model	"Castle" 4411/17C
Codi	404153

Taula 1.49. Característiques del filtre mecànic de l'aspiració

### 1.8.7.7. Visor

Es disposarà un visor de líquid just després del filtre deshidratador. Aquest visor també detectarà la humitat del fluid refrigerant.

L'altre visor serà un visor per comprovar la existència d'oli a la canonada d'oli del retorn d'oli al compressor. El visor d'oli s'instal·larà just després del filtre mecànic del retorn de l'oli (que està en el mateix separador d'oli). O sigui, el visor d'oli s'instal·larà per sota del separador d'oli (no és de gran importància la localització del visor d'oli a la canonada de retorn d'oli).

Les taules 1.50 i 1.51 mostren les característiques dels visors.

Connexions	7/8" Soldar tub de coure
Model	"Castel" 3940/7
Codi	404234

*Taula 1.50. Característiques del visor de líquid*

Connexions	3/8" Soldar
Referències	"Carly" HCYVP 53 S
Material del visor	Llautó (compatible amb R-134a)

*Taula 1.51. Característiques del visor d'oli*

### 1.8.7.8. Filtre deshidratador

S'instal·larà un filtre deshidratador a la línia de líquid, a la sortida del recipient de líquid i abans del visor de líquid. Aquest filtre és d'una sola direcció (marcat per una fletxa) i és preferible que s'instal·li verticalment amb l'entrada de fluid per la part superior.

S'ha escollit un filtre deshidratador amb les connexions de la mateixa mida que la canonada de líquid. Es comprova doncs, que aquest deshidratador té la capacitat suficient per filtrar correctament.

La taula 1.52 mostra les característiques tècniques del filtre deshidratador.

Dada	Unitat	Valor
Capacitat màx. recomanada	kW	74,2 (més gran que el valor de la instal·lació)
Connexió	Polzades	Soldada 7/8"
Volum de líquid	cm <sup>3</sup>	670

Pèrdua de pressió	bar	0,07
Pressió màxima de treball	bar	42
Model	-	"Castel" 4341/7S
Codi	-	20540

*Taula 1.52. Característiques tècniques del filtre deshidratador*

#### *1.8.7.9. Purgador d'aire*

S'instal·larà un purgador d'aire a la instal·lació frigorífica. Aquest purgador el porta incorporat el recipient de líquid tal com es pot comprovar posteriorment.

Aquest purgador serà de 3/8" i de funcionament manual

#### *1.8.7.10. Manòmetre*

Es situaran dos manòmetres. Un a l'aspiració del compressor, després del filtre mecànic d'aspiració, i l'altre a la descàrrega del compressor, després de la vàlvula antiretorn. La taula 1.53 mostra les referències dels dos tipus de manòmetres.

<b>Manòmetre</b>	<b>Model</b>	<b>Codi</b>
Baixa	125-P/2	514037
Alta	126-P/2	514038

*Taula 1.53. Referències dels manòmetres*

#### *1.8.7.11. Eliminador de vibracions*

La instal·lació ha de disposar de dos eliminadors de vibracions, un a l'aspiració del compressor i l'altre a la descàrrega. Tal com s'ha explicat a l'apartat 1.8.3.2. *Equipament opcional del compressor*, el compressor ja porta incorporat, de sèrie, dos eliminadors de vibracions instal·lats.

### 1.8.7.12. Recipient separador de líquid

La instal·lació frigorífica disposa d'un recipient de líquid, a la sortida del condensador i a l'exterior de la cambra, òbviament.

El recipient escollit disposa de dos vàlvules "Rotalock", tres visors de líquid i una vàlvula de seguretat.

Segons catàlegs de fabricants, s'escull el següent recipient de líquid vertical:

Dada	Unitat	Valor
Diàmetre	mm	273
Alçada	mm	1130
Nº visors de líquid	-	3
Toma control líquid	Polzades	1/2" NPT
Connexió entrada (colze)	Polzades	Rotalock 1 3/8"
Connexió sortida (vàlvula)	Polzades	Rotalock 1 1/8"
Vàlvula de seguretat	Polzades	3/8 NPT
Volum	dm <sup>3</sup>	57
Capacitat frigorífica a temp. mitjana (-5°C)	kW	42·1,2 = 50,4 (*)
Model	-	RLV-60
Codi	-	341036

*Taula 1.54. Característiques tècniques del recipient de líquid*

(\*): Els valors de potència de les taules del fabricant (42 kW) és referent al refrigerant R-404A. Per saber la potència amb R-134a s'ha de multiplicar la potència indicada a la taula pel coeficient 1,2.

### 1.8.7.13. Separador d'oli

S'instal·larà un separador d'oli a la descàrrega del compressor (després de la vàlvula antiretorn). Aquest separador d'oli serà de alta eficàcia (sol passa el 0,003% d'oli) i amb una molt baixa pèrdua de càrrega. També conté un filtre mecànic coalescent de fibra de borosilicat. A més a més consta d'una vàlvula flotador per alliberar l'oli del separador cap al càrter quan aquest assoleix una certa alçada dins el separador d'oli.

El separador d'oli s'ha seleccionat amb catàlegs donada una potència frigorífica i una temperatura d'evaporació.

La taula 1.55 mostra les característiques tècniques del separador d'oli.

Dada	Unitat	Valor
Connexió	polzades	1 3/8"
Diàmetre	mm	140
Alçada	mm	553
Tipus	-	Desmuntable
Model	-	"ESK" BOS2-35F
Codi	-	346120

*Taula 1.55. Característiques tècniques del separador d'oli*

#### 1.8.7.14. Pressòstat

S'instal·larà un pressòstat d'alta pressió i baixa pressió (pressòstat combinat) tal com s'ha justificat a l'apartat 1.7.11.14. *Pressòstat*.

El pressòstat d'alta actuarà aturant el compressor en cas d'una sobrepressió en el circuit. Aquest ha d'estar tarat a una pressió inferior a la tarada per les vàlvules de seguretat.

El pressòstat de baixa actuarà, en la present instal·lació, com aparell protector de la instal·lació en cas d'un descens anormal de la pressió d'aspiració. Aquest provocarà la aturada del compressor fins que la pressió no es trobi a règims de funcionament.

La taula següents (1.56) mostra les característiques tècniques del pressòstat.

Dada	Unitat	Valor
Reconnexió	-	Automàtica
Escala alta pressió	bar	8 / 32
Escala baixa pressió	bar	-0,2 / 7,5
Diferència de pressió alta	bar	4
Diferència de pressió baixa	bar	0,7 / 4
Connexió	Polzades	1/4" mascle
Referència Danfoss	-	060-124166
Model	-	KP-15
Codi	-	401926
Aplicació en	-	CFC, HFC i HCFC

*Taula 1.56. Característiques tècniques del pressòstat combinat*



### 1.8.7.15. Termòstat

Es disposarà d'un termòstat a l'interior de la cambra frigorífica per tal de tenir la temperatura que es desitgi en tot moment. En la present instal·lació es té un controlador de temperatura, descrit a continuació:

Els controladors "Danfoss EKC 102" estan dissenyats per a muntatge en panel. S'utilitzen per a controlar la temperatura i desglaç actuant sobre vàlvula solenoide o arrencada/parada de compressor. El controlador està instal·lat fora de la cambra mentre que la sonda de temperatura està, òbviament, a l'interior.

Dada	Unitat	Valor
Alimentació	V a.c	230
Freqüència	Hz	50 / 60
Consum	VA	1,5
Descripció	-	2 entrades analògiques, 1 entrada digital i dos sortides digitals
Tipus	-	EKC 102C
Codi	-	084B8502

Taula 1.57. Característiques tècniques del controlador de temperatura

### 1.8.7.16. Canonades

Tal com s'ha justificat a l'apartat 1.7.12. *Disseny de canonades*, les canonades de transport de fluids seran de coure. Les canonades de coure han de complir la normativa IF-05. "Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics" i la IF-06. "Components de la instal·lació, apartat 3 canonades i connexions".

Les canonades escollides, que compleixen amb la normativa EN 12735-1, són les mostrades a la taula 1.58:

Canonada	Diàmetre interior(mm)	Diàmetre exterior (mm)	Diàmetre (polzades)	Longitud de canonada (m)	Model	Codi
Aspiració	50	54	2-1/8"	6,5	TB-2-1/8"	203028
Descàrrega	25	28	1-1/8"	2,8	TB-1-1/8"	203022
Líquid	20	22	7/8"	6,5	TB-7/8"	203018

Taula 1.58. Característiques tècniques de les canonades

Segons la normativa “UNE-EN 378-3:2008+A1. *Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Requisits de seguretat i mediambientals. Part 3: instal·lació in situ i protecció de les persones*”, tota xarxa de canonades i conductes que passin a través de parets, sostres i sòls de les sales de màquines han d'estar hermèticament segellats.

Per tan, els forats a la paret de la nau i a l'aïllant de la cambra frigorífica hauran d'estar correctament segellats.

#### *1.8.7.17. Quadre elèctric de maniobra*

El subministrador “AKO” subministra els quadres elèctrics de potència i maniobra, per a la gestió i control de les centrals frigorífiques, així com els serveis que d'elles depenen, evaporadors i condensadors.

El quadre té les següents característiques constructives:

- Evolvent metàl·lica de dimensions segons s'indiquen, pintats amb pols de textura en gris RAL-7032-5 amb PM.
- Seccionador general tetrapolar de tall en càrrega amb comandament frontal.
- Selector de tres posicions diàmetre 22mm per maniobra de la unitat condensadora (0-Aturada, 1-Recollida de gas, 2-Automàtic).
- Pilots de senyalització d'estats i avaries de la unitat condensadora, indicacions del microprocessador.
- Arrencador directe amb disjuntor magnetotèrmic per a la unitat condensadora.
- Contactor tetrapolar per al circuit de resistències de desgel (20 A en AC-1).
- Magnetotèrmic unipolar + neutre general de maniobra.
- Borns de connexió a elements de camp en potència i maniobra.
- Numeració d'elements de potència i maniobra.
- Plànols elèctrics i documentació.
- Aparellatge marca “Moeller”
- Sinòptic de policarbonat, amb circuit frigorífic i pilots de senyalització d'estats i avaries.
- L'alimentació al quadre haurà d'estar protegida per magnetotèrmic i diferencial segons el reglament de baixa tensió (R.E.B.T.)

La taula 1.59 mostra les característiques tècniques del quadre de maniobra.

Model	AKO-17620
Corrent unitat condensadora (A)	4-6,3
Control	AKO-14323
Mesures (mm)	400x300x140
Desglaç elèctric	Si
Codi	440147

*Taula 1.59. Característiques tècniques del quadre de maniobra*

El quadre elèctric s'instal·larà a la paret on estarà allotjada la porta i a una altura d'un metre i mig respecte el terra.

#### *1.8.7.18. Aïllament de la canonada d'aspiració*

Segons la justificació de l'apartat 1.7.13.4. *Aïllament de la canonada d'aspiració*, s'escull un aïllant de les següents característiques (taula 1.60):

Material	Espuma elastomèrica
Espessor	30mm
Color	Negre
Temperatura de treball	-40°C / 85°C
Conductivitat tèrmica a 20°C	0,038 W/m·K
Codi	AI01727

*Taula 1.60. Característiques tècniques de l'aïllament de l'aspiració*

#### *1.8.7.19. Altres (colzes, reduccions, suports...)*

A més a més de tots els components detallats anteriorment, es necessiten els següents components per adaptar la instal·lació frigorífica:

1. Colzes de 90° de coure. S'utilitzen uns colzes amb curvatura suau per minimitzar les pèrdues de càrrega.
2. Reduccions de coure.
3. Suports de les canonades. Consistiran amb abraçaderes que s'uniran al sostre o al terra, segons esculli l'instal·lador.

Les unitats de cada component, i les seves característiques es troben a la següent taula (taula 1.61 i 1.62):

Component	Unitats	Connexió	Codi
Colze	2	2 1/8" femella-femella	216060
Colze	2	1 1/8" femella-femella	216057
Colze	2	7/8" femella-femella	216055
Reducció	2	1 3/8"-1 1/8" femella-femella	216136
Reducció	1	1 5/8"-1 3/8" femella-femella	216142
Reducció	1	1 1/8"-7/8" femella-femella	216130
Reducció	1	1 1/8"-2 1/8" femella-femella	216146

*Taula 1.61. Característiques tècniques dels colzes i reduccions*

Suport canonada	Ø min-màx	Ref. fabricant	Model	Codi	Separació màxima entre suports (*)
Aspiració	52-56 mm	847 0900 054	ISO.F. M8/M10 54	232216	4 m
Descàrrega	25-30mm	847 0900 028	ISO.F. M8/M10 28	232212	3 m
Líquid	20-25mm	847 0900 022	ISO.F. M8/M10 22	232211	3 m

*Taula 1.62. Característiques tècniques dels suports de les canonades*

(\*):Segons els diàmetres de canonada seleccionats, la separació màxima entre suports de canonades, segons la taula 3 de la instrucció IF-06 "Components de les instal·lacions", és el següent:

- Separació màxima entre suports de la canonada aspiració: 4m
- Separació màxima entre suports de la canonada descàrrega: 3m
- Separació màxima entre suports canonada líquid: 3m

### 1.8.8. Regulació, control i seguretat de la instal·lació

Cada element de la planta frigorífica disposa d'unes sondes i vàlvules de regulació i control. Tots els controls i actuacions dels diferents components de la instal·lació seran gestionats pel quadre elèctric de maniobra.

A continuació es detalla el sistema escollit per realitzar el control de diferents components de la instal·lació frigorífica.

#### *1.8.8.1. Regulació del compressor*

- La regulació de capacitat dels compressors es realitzarà mitjançant la lectura d'una sonda de pressió que actua sobre l'aturada-marxa dels compressors i els seus solenoides de capacitat corresponents.
- Mòdul de l'anàlisi a l'escomesa: En cas de fallada d'una fase elèctrica o canvi de fase es donarà la senyal al microprocessador d'aturada del compressor, amb indicació d'averia en un panell sinòptic.
- El pressòstat combinat provocarà l'aturada del compressor quan es superin els límits de pressió al sector d'alta i quan es baixi per sota dels nivells de pressió al sector de baixa.
- Abans d'engegar-se el compressor, el calefactor de càrter ha d'estar cedint calor al compressor (per evaporar el refrigerant del compressor i així no danyar-lo) durant almenys dos minuts.
- Qualsevol indicació d'averia provocarà l'aturada del compressor.

#### *1.8.8.2. Regulació del condensador*

El condensador estarà en funcionament quan ho estigui el compressor.

Amb el controlador "EKC 331T" es modificarà la velocitat dels ventiladors del condensador, segons la temperatura del líquid subrefredat.

#### *1.8.8.3. Regulació de la vàlvula solenoide i el flux de refrigerant*

La vàlvula solenoide estarà sempre oberta quan el controlador de temperatura de la cambra frigorífica detecti que la temperatura que requerim a l'interior és superior a la existent (dintre d'un interval que tot regulador de temperatura té).

Quan s'assoleixi la temperatura desitjada, la vàlvula solenoide tancarà, provocant un descens de la temperatura d'aspiració i conseqüentment la aturada del compressor (degut al pressòstat que actua al sector de baixa).

#### *1.8.8.4. Regulació de l'evaporador*

L'evaporador, al igual que el condensador es posarà en funcionament sempre que ho faci el compressor.

En el moment de fer el desglaç, es parará la vàlvula solenoide. Conseqüentment ho faran el compressor i els intercanviadors de calor i llavors es posaran en funcionament les resistències elèctriques de l'evaporador. Un cop finalitzat el desglaç, s'obrirà la vàlvula solenoide i degut a l'augment a la pressió del sector de baixa, el compressor i els intercanviadors de calor es tornaran a posar en funcionament.

## **1.9. Planificació**

Al client li interessa que la cambra frigorífica estigui finalitzada, com a molt al dia 20 d'abril de l'any 2014.

La instal·lació de la cambra frigorífica consta, bàsicament de cinc seccions o etapes d'instal·lació. Aquestes són les següents:

1. Instal·lació dels panels aïllants. En aquesta fase, s'instal·laran les parets, sostre i porta de la cambra frigorífica. L'empresa subministradora i instal·ladora és l'empresa Taver.
2. Construcció de la sala de màquines. S'ha de construir la sala de màquines per poder allotjar tota la maquinària (compressor, condensador, etc).
3. Instal·lació dels components principals. Un cop instal·lats els panels aïllants i la sala de màquines, s'han de muntar tots els components de la cambra frigorífica (evaporador, condensador, compressor, xarxa de canonades, valvuleria, etc).
4. Instal·lació quadre elèctric. S'ha de instal·lar el quadre elèctric i connectar-ho amb tots els components de la instal·lació. També s'ha de configurar el funcionament de la cambra frigorífica.
5. Verificació. Un cop estigui tot instal·lat, s'ha de comprovar que la cambra funcioni correctament. S'ha de comprovar que cada component funcioni adequadament i que les pressions de funcionament siguin les adequades.

L'ordre de les següents operacions es pot observar al següent diagrama de Gantt (taula 1.63):

<b>Operació \ Dia (mes d'abril)</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Instal·lació panels aïllants	X				
Construcció sala màquines	X				
Instal·lació components		X	X		
Instal·lació quadre elèctric				X	
Verificació					X

*Taula 1.63. Planificació de les operacions amb el diagrama de Gantt*

Per tan, s'escull la setmana d'abril, com a màxim, per instal·lar la cambra frigorífica. Els dies previstos, com a màxim, són des del 31 fins al 4, complint així amb les expectatives del client.





## **2. Annexos**



## Índex annexos

2.1. Informació sobre els components principals d'una cambra frigorífica.....	141
2.1.1. Compressor .....	141
2.1.1.1. Tipus de compressors.....	141
2.1.1.2. Produccions de fred i característiques mecàniques dels diferents tipus de compressors .....	145
2.1.1.3. Metodologia d'aïllament. Compressors hermètics, semi hermètics i oberts .....	146
2.1.1.4. Regulador de capacitat.....	146
2.1.2. Evaporador .....	148
2.1.2.1. Tipus d'evaporadors.....	148
2.1.2.2. Salt tèrmic a l'evaporador .....	150
2.1.2.3. Control de capacitat de l'evaporador .....	151
2.1.2.4. Desglaç .....	151
2.1.3. Condensador .....	154
2.1.3.1. Tipus de condensadors.....	154
2.1.3.2. Salt tèrmic als condensadors.....	155
2.1.3.3. Control de capacitat dels condensadors .....	155
2.1.4. Vàlvula d'expansió.....	156
2.2 Càlculs.....	158
2.2.1. Càrregues tèrmiques .....	158
2.2.1.1. Requisits i dades de partida .....	158
2.2.1.2. Càrregues tèrmiques per transmissions.....	159
2.2.1.3. Càrregues tèrmiques per serveis.....	160
2.2.1.4. Càrregues tèrmiques per infiltracions.....	160
2.2.1.5. Càrregues tèrmiques degudes al refredament de la fruita.....	162
2.2.1.6. Càrregues tèrmiques degudes a la respiració de la fruita.....	162
2.2.1.7. Càrregues tèrmiques degudes als motors.....	163
2.2.1.8. Càrregues tèrmiques totals .....	163
2.2.2. Cicle frigorífic.....	164
2.2.2.1. Dades de partida .....	164
2.2.2.2. Característiques tècniques de la instal·lació .....	165

2.2.2.3. Rendiments del compressor .....	166
2.2.3. Espessor de l'aïllament.....	167
2.2.3.1. Cost fix.....	167
2.2.3.1. Cost variable.....	168
2.3. Catàlegs dels components.....	171
2.3.1. Compressor .....	171
2.3.2. Condensador .....	178
2.3.3. Evaporador .....	179
2.3.4. Vàlvula d'expansió.....	181
2.3.5. Aïllament .....	184
2.3.5.1. Parets i sostre.....	184
2.3.5.2. Porta .....	187
2.3.5.3. Aïllament de la canonada d'aspiració .....	189
2.3.6. Visor .....	190
2.3.6.1. Visor de líquid.....	190
2.3.6.2. Visor d'oli.....	190
2.3.7. Filtre mecànic d'aspiració.....	191
2.3.8. Filtre deshidratador.....	191
2.3.9. Recipient de líquid.....	192
2.3.10. Separador d'oli .....	192
2.3.11. Manòmetres.....	193
2.3.12. Quadre elèctric de maniobra .....	194
2.3.13. Canonades i accessoris.....	195
2.3.13.1. Canonades.....	195
2.3.13.2. Abraçaderes per a canonades.....	195
2.4. Detecció d'averies freqüents .....	196
2.4.1. Averies al compressor .....	196
2.4.2. Detecció de funcionament anormal de la instal·lació.....	197

## **2.1. Informació sobre els components principals d'una cambra frigorífica**

La següent informació és una extensió del comentat, sobre els components principals, citats al llarg del projecte.

### **2.1.1. Compressor**

El compressor és l'únic element (a part de les bombes de líquid, que no s'utilitzaran en aquesta instal·lació) que provoquen el moviment del fluid refrigerant. A part, també augmenten el fluid refrigerant d'una baixa pressió fins una alta pressió.

A més a més és l'element del circuit que consumeix més energia elèctrica.

#### *2.1.1.1. Tipus de compressors*

Hi ha molts tipus de compressors que s'utilitzen en funció de cada cas i necessitat. Els més utilitzats, en l'actualitat són:

#### **Compressors alternatius ordinaris**

Als compressors alternatius ordinaris, l'element compressor, èmbol o pistó es mou alternativament, accionat per un mecanisme biela-manovella, dins d'un cilindre que conté els vapors de refrigerant.

Aquest tipus de compressors es poden classificar de moltes maneres:

- Segons el nombre de cares actives de l'èmbol. De simple efecte (sol una cara de l'èmbol és activa) i de doble efecte (les dos cares de l'èmbol estan actives, fet que provoca dos compressions per volta. Aquest últim és poc utilitzat en l'actualitat.
- Segons la direcció del moviment de l'èmbol. Aquest pot ser horitzontal, vertical i radial. Dins dels radials tenim tres configuracions diferents: disposats en V (amb dos o múltiples de dos cilindres), en W (tres

cilindres o múltiples de tres) o en VV (quatre cilindres o múltiples de quatre).

- Segons la estanqueïtat. Poden ser de càrter obert o càrter tancat.
- Segons els salts de compressió. Poden ser de compressió simple o de compressió múltiple. Els compressors alternatius poden treballar a compressió simple, quan sol realitzin un escalonament o a compressió múltiple, quan ni realitzin més d'un. Als radials es pot aconseguir que treballin amb escalonaments mitjançant uns bypass entre les descàrregues i les admissions del compressor. El compressor finalment escollit en la instal·lació utilitza aquest joc entre les vàlvules.

Per últim es pot dir que els compressors alternatius són els més utilitzats, en produccions frigorífiques de potència no molt gran, en l'actualitat ja que són robustos, adaptables a molts refrigerants, relativament més econòmics en comparació a altres tipus de compressors i disposem d'una gran àmplia gamma de potències en el mercat (de menys de 500 Kcal/h fins a potències més grans de 15.000 Kcal/h).

### **Compressors alternatius especials**

El compressor de pistó sec, el de laberint i els electromagnètics són els tipus de compressors alternatius especials. No es comentaran aquest tipus de compressors donats la seva poca rellevància en l'actualitat i menys en la producció de fred en una cambra frigorífica.

### **Compressors rotatius**

En aquest tipus de compressors el fluid es transmet directament per l'arbre de transmissió del compressor, sense que intervingui cap altre mecanisme. L'element compressor realitza la reducció volumètrica comprimint els vapors de refrigerant en l'espai comprés entre el cilindre estator i l'element mecànic que el completa, segons el tipus de compressor.

Aquests compressors presenten un moviment continu, lo que permet fer-los girar a velocitats més elevades que en el cas dels compressors alternatius.

Aquest tipus de compressors es fabriquen en totes les gammes de potències però el seu camp d'aplicació és la mitja pressió degut a la dificultat de aconseguir una bona estanqueïtat entre la baixa i alta pressió.

Dins d'aquest tipus de compressors hi han dos classes: els compressors de paletes i els d'excèntrica.

Com a característiques a tenir en compte es pot citar que els compressors rotatius de paletes requereixen vàlvules de control a la línia d'aspiració o de descàrrega per evitar que el refrigerant de descàrrega retorni a través del compressor i de la canonada d'admissió quan el compressor està parat.

I pel cas dels compressors rotatius d'excèntrica es pot dir que l'aspiració es produeix de manera contínua.

### **Compressors de cargol (o helicoïdals)**

Aquest compressors són molt utilitzats en instal·lacions de potències frigorífiques elevades. Aquest compressor està compost per dos engranatges helicoïdals, un mascle i un femella. La compressió es realitza amb la reducció volumètrica que es aconsegueix entre l'espai tancat entre el càrter i els buits entre engranatges.

Com a característiques a tenir en compte podem citar que aquests compressors no necessiten vàlvules de admissió i descàrrega.

A més a més han d'anar acompanyats de separadors d'oli de gran eficàcia ja que s'injecta oli a l'interior del compressor per refredar i lubricar-lo. Aquest oli evidentment es barreja amb el refrigerant aspirat i comprimit.

Aquest tipus de compressors utilitzen refrigerants fluocarbonats, tot i que també estan dissenyats per funcionar amb amoníac.

### **Compressors de membrana**

En aquest compressor el fluid refrigerant no penetra al càrter ni al cilindre.

Un pistó aspira i descarrega oli en una membrana-pistó deformable subjecta entre dos tapes. Aquesta membrana va oscil·lant alternativament entre la tapa superior i inferior, descarregant i aspirant el refrigerant.

Aquest compressor s'utilitza per petites i mitjanes potències.

L'avantatge a ressaltar és que la instal·lació no necessita separador d'oli i no apareixen tots els problemes relacionats amb ell. Com a inconvenient tenim que al llarg de la vida del compressor és probable que es trenqui la membrana.

Aquests tipus de compressors (alternatius, rotatius, de cargol i de membrana) pertanyen al grup de compressors de desplaçament positiu. El fluid refrigerant pateix una compressió mecànica ja que la reducció volumètrica es realitza per mitjà d'un element que comprimeix.

Hi ha un altre tipus de compressors, els anomenats compressors dinàmics. En aquests compressors la compressió es realitza gràcies a l'acció de la força centrífuga que exerceix un rodets que gira a gran velocitat sobre els vapors. No disposen d'element compressor.

Dins dels compressors dinàmics trobem els centrífugs i axials.

### **Compressors centrífugs (o turbo-compressors) i compressors axials**

Aquests compressors disposen d'una sèrie de rodets (el nombre de rodets depèn de la pressió final), muntats sobre un eix d'acer i tancats en una coberta de fundació.

El principi de funcionament és el següent: el gas d'admissió s'introdueix pel centre del rotor. Al arribar al primer rodets es expulsat radialment cap a fora i es descarregat a la coberta del compressor a gran velocitat, augmentant així la temperatura i pressió del fluid. Aquest procés succeeix tants cops com rodets hi ha fins que al final el vapor a alta pressió surt a la cambra de descàrrega. En aquest tipus de compressors es pot obtenir una reducció de la potència en tot moment des del 10% fins al 100% del seu valor nominal.

Aquest tipus de compressors són de gran simplicitat i de petites dimensions, per una potència determinada i els seus rendiments són aproximadament el 75%.

El compressor axial base el seu funcionament en comunicar als vapors de refrigerant una determinada energia cinètica que s'acaba transformant en energia de pressió. Per tant, es diferencia del compressor centrífug solament en el sentit de moviment del fluid a comprimir, no en el mètode d'elevat la pressió d'aquest.

Els compressors esmentats anteriorment no són tots els tipus de compressors que es poden trobar al mercat, però si els més comuns, econòmics i senzills en producció de fred en cambres frigorífiques.



### *2.1.1.2. Produccions de fred i característiques mecàniques dels diferents tipus de compressors*

#### **Compressors alternatius**

Les potències frigorífiques no són molt elevades, arribant fins a 600.000 frig/h en el camp de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En el camp de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}/+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  sol es poden obtenir 200.000 frig/h.

Molt aptes per tot tipus de regulació de potència.

La velocitat de rotació d'aquests compressors pot arribar fins a  $3.000\text{ min}^{-1}$ .

#### **Compressors rotatius**

Treballen amb un rang de potències no molt elevat, arribant fins a 600.000 frig/h el camp de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Es pot regular la potència fins al 50% del seu valor nominal.

Les velocitats de gir estan compreses entre  $600$  i  $2.800\text{ min}^{-1}$ , tot i que velocitats a partir de  $2000\text{ min}^{-1}$  sol es recomanen amb baixes capacitats.

#### **Compressors de cargol**

Estan dissenyats especialment per instal·lacions de grans capacitats (2.000.000 frig/h) en el camp de temperatures de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  i arriben fins a 1.000.000 frig/h en el camp de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}/+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Poden arribar a temperatures baixes com  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  amb una sola etapa perquè aquests compressors permeten una gran relació de compressió (tot i que el rendiment volumètric baixa considerablement).

Es pot controlar la capacitat d'aquests compressors des de el 10% fins al 100% del seu valor nominal.

Giren a velocitats compreses entre  $3.000$  i  $30.000\text{ min}^{-1}$ .

#### **Compressors centrífugs**

Poden arribar a produir grans potències frigorífiques. En el rang de temperatures  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}/+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  poden produir 24.000.000 frig/h i poden arribar a produir  $-45^{\circ}\text{C}$  amb una potència frigorífica de fins a 2.500.000 frig/h.

Es pot obtenir una reducció de la seva capacitat entre el 10% i el 100% del seu valor nominal.

Les velocitats de gir d'aquests compressors poden oscil·lar entre les 3.000 i 30.000 min<sup>-1</sup>.

Les potències s'acostumen a estar expressades en frigories/hora per evitar confondre aquestes potències (frigorífiques, o sigui produïdes als evaporadors) amb les potències consumides pel compressor. Una frigoria/hora equival a 1,163 W.

#### *2.1.1.3. Metodologia d'aïllament. Compressors hermètics, semi hermètics i oberts*

Un compressor obert és aquell en el que el compressor i el motor d'accionament estan clarament diferenciats en dos carcasses diferents. El cas contrari als compressors oberts són els hermètics en el que compressor i motor estan tancats en una carcassa hermèticament tancada (sol tenen dos obertures per on passen les canonades d'admissió i de descàrrega). En aquests tipus s'eviten les fugues de refrigerant (que acostumen a ser refrigerants fluocarbonats). Un exemple molt clar de compressors hermètics són els dels frigorífics domèstics. A vegades es disposen aletes a la carcassa del compressor hermètic per tenir una millor evacuació de la calor.

Per últim, els compressors semi hermètics són aquells en que el motor i el compressor es troben en una sola carcassa, que és accessible des de l'exterior. Els avantatges dels compressors semi hermètics són les mateixes que les dels compressors hermètics: supressió del tancament del cigonyal i del sistema de transmissió, silenciosos i d'alt rendiment.

La major part de constructors intenten cada cop trobar compressors semi hermètics amb gammes de potències el més elevades possibles.

#### *2.1.1.4. Regulador de capacitat*

El compressor de la cambra frigorífica ha d'estar preparat per tenir una capacitat igual (o una mica superior) a la càrrega tèrmica estimada per la cambra, amb la fi d'obtenir a l'interior de la cambra frigorífica una temperatura i humitat determinada.

Amb una càrrega tèrmica pràcticament constant, el compressor treballaria al 100% de la seva capacitat. Ara bé, la càrrega tèrmica varia pràcticament sempre i sobretot més en la cambra frigorífica a estudiar, ja que preveu una entrada i/o sortida de fruita de forma bastant continuada. Quan aquests canvis de càrrega tèrmica no siguin significatius, el control del sistema s'aconsegueix alternant el funcionament del compressor i la parada d'aquest. Aquest sistema es diu engegada-parada.

Ara bé, quan els canvis de càrrega tèrmica són significatius, es necessari que el compressor disposi de mètodes per regular la capacitat del compressor.

També es pot actuar reduint la capacitat de l'evaporador, o ambdós a la vegada, però descartarem la regulació de la capacitat de l'evaporador per motius econòmics i perquè les regulacions de capacitats en els evaporadors estan indicats per cambres frigorífiques de majors dimensions. El mètode de regulació dels evaporadors de petites instal·lacions és el d'engegada-parada.

Els sistemes de regulació de la capacitat dels compressors és aquest:

1. Regulació de la capacitat variant la velocitat del compressor. Aquest procediment permet una adaptació bastant sensible de la producció frigorífica de la màquina, essent provocades les variacions de velocitat pels aparells de regulació que actuen sobre la velocitat del motor d'accionament per mitjà de diferents acoblaments elèctrics sobre els bobinats de l'estator del motor, o bé per l'acció d'uns reguladors sobre un variador automàtic de velocitat incorporat entre un motor d'accionament i el compressor. Aquest mètode és, de totes maneres, poc utilitzat en l'actualitat.
2. Regulació de la capacitat obrint la (o les ) vàlvules d'admissió. Aquest procediment consisteix en obrir la vàlvula d'admissió d'un o més cilindres, tal que aquestes romanguin obertes durant la carrera d'admissió . El vapor es tornat a la canonada d'admissió.
3. Regulació de capacitat utilitzant un bypass refrigerat. Aquest mètode és utilitzat en compressors de potències inferiors a 8 kW que necessiten regulacions de capacitat properes al 0%. Té l'inconvenient que s'han de tornar a comprimir vapors que ja s'havien comprimit.
4. Regulació de la capacitat de forma esgraonada. Aquest sistema actua mitjançant el control, manual o automàtic, de vàlvules bypass de manera que al llarg del recorregut del cilindre se'n podin disposar fins a tres amb la fi d'aconseguir un control esgraonat de la capacitat.
5. Regulació de la capacitat augmentant l'espai mort del compressor. Aquest mètode permet variar l'espai mort del compressor, i en

conseqüència la capacitat d'aquest, amb una vàlvula magnètica i un dispositiu regulador de potència.

6. Regulació de la capacitat en compressors de varis cilindres, descarregant algun d'ells. En un compressor de varis cilindres, una forma de regular la seva capacitat de forma bastant eficaç s'obté descarregant un o més cilindres, de tal manera que aquests es tornen inefectius. Això s'aconsegueix desviant la descàrrega, del cilindre en qüestió, cap a l'admissió. Per exemple, en un compressor alternatiu de 6 cilindres (3 parells de cilindres) obtenim la regulació de capacitats següent: 0% - 33% - 66% - 100%. En canvi, en un compressor alternatiu de 8 cilindres podem obtenir la regulació següent: 0% - 25% - 50% - 75% - 100%.
7. Regulació de la capacitat amb compressors en paral·lel. Aquest és un bon mètode de regulació de capacitats. Aquest mètode utilitza dos o més compressors en paral·lel. S'utilitzen en cada un controls de baixa pressió per fer funcionar per cicles els compressors. A més a més, cada compressor tenen la opció de regular la seva capacitat descarregant algun dels seus cilindres, fet que dona una gran varietat de regulacions de capacitat.

## **2.1.2. Evaporador**

L'evaporador és l'element de la instal·lació frigorífica més important (juntament amb el compressor). Aquest element és un intercanviador de calor on es vaporitza el refrigerant utilitzant la calor cedida per part de la cambra frigorífica. És l'element productor de fred de la cambra frigorífica.

L'evaporador està ubicat entre la vàlvula d'expansió i la canonada d'aspiració del compressor.

### **2.1.2.1. Tipus d'evaporadors**

Els evaporadors es classifiquen segons els criteris següents:

1. Mètode d'alimentació del refrigerant.
2. Tipus de construcció.
3. Procediment de circulació del aire.
4. Aplicacions.

## **Mètode d'alimentació del refrigerant**

Per aconseguir un funcionament de l'evaporador ideal, s'ha de deixar entrar la quantitat de fluid frigorigen justa, en aquest, perquè després d'absorbir calor, el refrigerant surti com vapor saturat sec. Aquesta idealització és molt difícil d'aconseguir a la realitat. Per tant, es tenen dos solucions: utilitzar un separador de líquid o no.

Si no s'utilitza un separador de líquid, s'ha de regular la quantitat de refrigerant que arriba a l'evaporador tal que el refrigerant es vaporitzi abans de sortir de l'evaporador amb la fi que el fluid es reescalfi. Així s'assegura la no entrada de líquid al compressor però no s'aprofita del tot la part final de l'evaporador. Aquest tipus d'evaporador s'anomena evaporador d'expansió seca.

Les vàlvules idònies per regular la quantitat de fluid refrigerant i assegurar un reescalfament són les vàlvules d'expansió termostàtiques.

D'altra banda, si s'utilitza un separador de líquid, s'ha de regular la quantitat de refrigerant a entrar tal que aquest surti de l'evaporador amb un títol de vapor proper però inferior a 1 (vapor humit). D'aquesta manera s'aprofita al màxim tot el recorregut de l'intercanviador. Aquest tipus d'evaporadors s'anomenen evaporadors inundats.

Els evaporadors d'expansió seca tenen pitjors rendiments que els inundats però són més econòmics, més senzills, presenten menys problemes i per tant són més utilitzats en la majoria d'instal·lacions frigorífiques.

## **Tipus de construcció**

Segons el tipus de construcció, els evaporadors es poden classificar en evaporadors de tubs llisos, de plaques o d'aletes. Els dos primers es classifiquen com a evaporadors de superfície primària. Tenen menor coeficient de transferència de calor però són òptims en cambres de fred que treballen a temperatures inferiors a 0 °C ja que és molt més fàcil extreure el gel que es col·loca a l'evaporador (es pot fer fins i tot manualment).

En canvi, els evaporadors amb aletes són evaporadors de tubs llisos als quals se'ls ha adherit aletes amb la fi d'absorbir més calor i augmentar la eficiència de l'intercanviador de calor. Són els més apropiats per treballar amb temperatures majors a 0 °C.

En definitiva, si no tenim en compte la formació de gel a l'evaporador, per una potència frigorífica donada, un evaporador amb aletes ocuparà menys espai i

serà més idoni si funcionen conjuntament amb ventiladors (convecció forçada), que un evaporador de tubs llisos o plaques.

### **Procediment de circulació de l'aire**

La circulació de l'aire, a través de l'evaporador, és essencial per a una bona transferència de calor. És molt important una adequada circulació d'aire ja que una velocitat de l'aire massa alta provocarà la pèrdua d'humitat del producte emmagatzemat mentre que una velocitat de l'aire baixa provocarà que el coeficient de convecció baixi dràsticament.

Podem trobar evaporadors de convecció natural i els de convecció forçada. Els primers són indicats per situacions on es necessita poca deshidratació dels productes i poca velocitat de l'aire (la velocitat de l'aire és funció de la diferència de temperatura entre l'evaporador i el recinte a refredar). Un cas pràctic serien les neveres domèstiques. En canvi, els evaporadors de convecció forçada utilitzen ventiladors per remoure grans quantitats d'aire. La velocitat d'aquest aire sol estar entre 1-2,5 m/s.

### **Aplicacions**

Segons el tipus de fluid a refredar, podem classificar entre evaporadors refredadors de líquids (refredador Baudelot, refredador d'immersió i de circuit tancat) i refredadors d'aire (humit o sec).

#### ***2.1.2.2 Salt tèrmic a l'evaporador***

La finalitat principal d'un evaporador en una cambra frigorífica és la de refredar l'aire ambient. A més a més, és important tenir un control sobre la humitat del recinte. Per exemple, una humitat relativa baixa provocarà una pèrdua d'aigua irreversible en el producte emmagatzemat. Aquest fet es tradueix en una pèrdua de massa que cal tenir en compte. En el cas de la fruita com poden ser el préssecs, la humitat relativa idònia es situa entre el 85-90%. Tota humitat relativa inferior provocarà una pèrdua de massa traduïda en una pèrdua econòmica. Fins i tot pot provocar que la pell del préssec s'arruixi. Humitats relatives properes al 100% tampoc són desitjables ja que es crea un ambient favorable al desenvolupament de bacteries i fongs sobre els productes.

La millor manera d'incidir sobre la humitat relativa de la cambra frigorífica és controlant la diferència de temperatures entre l'aire de la cambra i la temperatura de l'evaporador. Mentre major sigui la diferència de temperatures menor serà la humitat relativa, i viceversa.

La taula 2.1 mostra la diferència de temperatures que ha d'haver-hi entre evaporador i l'aire de la cambra per tenir una humitat relativa determinada.

Humitat relativa (%)	Diferència de temperatures (°C)	
	Evaporadors de tubs llisos	Evaporadors de tubs amb aletes
75	9-10	10-13
80	7	8-10
85	5	6-8
90	3	4-6

*Taula 2.1. Relació entre humitat relativa i diferència de temperatures a l'evaporador*

### *2.1.2.3. Control de capacitat de l'evaporador*

En situacions on es necessiti controlar la capacitat de l'evaporador, com per exemple quan es vulgui variar la capacitat (frigorífica) del sistema sense canviar les condicions d'operació (temperatura, humitat), es necessari utilitzar un dels següents sistemes de control:

El mètode més senzill i efectiu és dividir l'evaporador en varies seccions que es puguin controlar per separat.

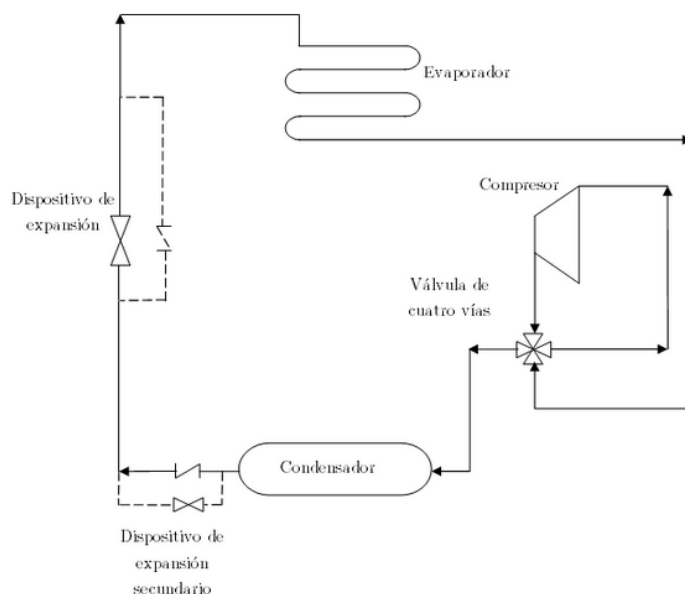
Un altre mètode consisteix en controlar la quantitat d'aire que circula per l'evaporador.

### *2.1.2.4. Desglaç*

Un dels problemes que pateixen els evaporadors que treballen amb temperatures (d'evaporació) negatives és que el vapor que conté l'aire, que està en contacte amb les aletes i els serpentins de l'evaporador, es gela freqüentment. Aquest gel s'ha d'eliminar ja que provoca una gran reducció del coeficient de transferència tèrmic de l'evaporador i dificulta la mobilitat de l'aire. Conseqüentment l'evaporador no pot absorbir la calor necessària de l'aire ambient de la cambra frigorífica.

Hi ha molts tipus d'eliminar el gel de l'evaporador. Els més freqüents són els següents:

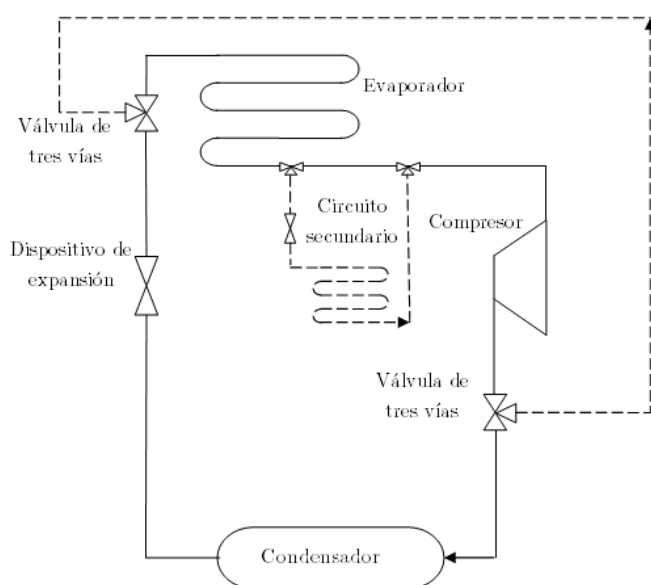
1. Desglaç natural. Aquest tipus de desglaç consisteix en utilitzar la calor que cedeix l'aire de la cambra frigorífica (en cambres de temperatures positives) al evaporador. És un desglaç molt lent, molt poc recomanat.
2. Desglaç mecànic. Aquest és semblant al desglaç natural però la convecció entre aire i evaporador és forçada (els propis ventiladors de l'evaporador remouen l'aire). Aquest desglaç és habitual en cambres de poca càrrega tèrmica i amb temperatures de l'aire positives.
3. Desglaç amb aigua, salmorres o anticongelants. Per cambres on la temperatura és propera a 0 °C és pot desfer el gel atomitzant aigua sobre els serpentins de l'evaporador. En canvi, si la temperatura és inferior a -2 °C, s'han d'utilitzar salmorres o anticongelants. Aquest sistema de desglaç és bastant senzill i dóna bons resultats. El problema és que es necessita un circuit per on passa l'element que fon el gel.
4. Desglaç amb resistències elèctriques. Aquest sistema utilitza la calor provinent d'unes resistències col·locades a les aletes de l'evaporador per fondre el gel. És un sistema còmode, senzill de regular i controlar. Per tant es pot dir que és dels més utilitzats. Com a inconvenient es pot citar que utilitza un consum elèctric elevat. Es poden instal·lar sensors de temperatura que controlin l'existència i l'absència del possible gel a l'evaporador per optimitzar el consum elèctric.
5. Desglaç amb inversió de cicle. Aquest sistema consisteix en col·locar una vàlvula de 4 vies tal que provoqui que el cicle funcioni al revés, o sigui, com una bomba de calor. És un sistema de desglaç ràpid (5-15 minuts) i pot ser utilitzat en cambres de baixa temperatura (-25°C). La Fig. 2.1 representa l'esquema del desglaç per inversió de cicle.



*Fig. 2.1. Esquema del desglaç per inversió de cicle*



6. Desglaç amb gas calent. Aquest sistema presenta diferents variants. L'objectiu en comú és derivar el gas calent, que surt del compressor, cap a l'evaporador directament. Una de les variants més fàcils d'entendre és la següent: una canonada de derivació entre la sortida del compressor i la entrada de l'evaporador que deixa passar el vapor quan la vàlvula solenoide de gas calent s'obre. El desglaç s'aconsegueix mentre el gas calent cedeix el calor al evaporador, provocant la condensació del refrigerant. Una part del refrigerant condensat es queda a l'evaporador mentre que la resta torna al compressor on es evapora i reenviat al evaporador. Aquest mètode de desglaç presenta dos problemes: el primer és que a mesura que es produeix el desglaç, s'acumula líquid a l'evaporador i n'arriba menys al compressor (es pot donar el cas que s'acabi el vapor abans del complet desglaç de l'evaporador). L'altre problema (i el més greu) és que arriba líquid al compressor amb el conseqüent deteriorament d'aquest. Aquests problemes es solucionen instal·lant un altre evaporador i vàlvula d'expansió en un "circuit secundari". Podem dir que aquest tipus de desglaç està estudiat cap a instal·lacions frigorífiques de dimensions molt grans i amb temperatures molt baixes. La Fig. 2.2 representa el mètode de desglaç per gas calent.



*Fig. 2.2. Esquema de desglaç per gas calent*

### **2.1.3. Condensador**

El condensador és l'intercanviador de calor, situat després del compressor, encarregat de condensar el fluid refrigerant que es troba en estat vapor. En un condensador es poden trobar tres zones: la primera, on es refreden els vapors fins que es saturen. La segona, en la que els vapors es condensen. I la tercera, on el líquid saturat es refreda (subrefredament).

#### *2.1.3.1. Tipus de condensadors*

Una manera de classificar els condensadors és en funció del medi refrigerant utilitzat. Podem destacar els següents:

1. Condensadors refredats per aigua.
2. Condensadors refredats per aire.
3. Condensadors evaporatius.

#### **Condensadors refredats per aigua**

Aquest tipus de condensadors està limitat a la capacitat de tenir aigua. Podem tenir problemes perquè no tenim quantitats suficients d'aigua o perquè ens resulti econòmicament inviable. Ara bé, donen grans rendiments ja que l'aigua té una temperatura inferior a l'aire. Com a inconvenients es pot citar la corrosió, la formació de brutícia i les possibles congelacions.

Aquest tipus de condensadors es diferencien entre si reaprofiten l'aigua o no.

Hi ha dos tipus de condensadors d'aigua: els de simple pluja d'aigua i els de pluja d'aigua a contracorrent.

#### **Condensadors evaporatius**

El condensador evaporatiu és una barreja d'un condensador i una torre de refrigeració. Aquest condensador és una solució al problema de la excessiva quantitat d'aigua requerida, com el cas dels condensadors refredats per aigua (sol un 5-10% d'aigua). En aquest tipus de condensadors s'utilitzen l'aigua i l'aire.

Aquests condensadors tenen els següents inconvenients: són cars, voluminosos i tenen una gran facilitat per a la formació de brutícia.

## **Condensadors refredats per aire**

Degut a que cada cop és més car disposar d'aigua, els condensadors d'aire de potències relativament petites van prenent més protagonisme en el mercat. Tot i que l'aire té un calor específic petit i que es necessiten condensadors de dimensions considerables, la disponibilitat de l'aire fa que aquest tipus de condensadors siguin apropiats a la majoria d'instal·lacions frigorífiques.

Els avantatges doncs, d'aquests condensadors són: no necessiten aigua, seguretat, facilitat d'instal·lació i poc manteniment.

Com a inconvenients tenim que necessitem condensadors voluminosos, temperatures de condensació altes i costos de funcionament elevats.

### *2.1.3.2. Salt tèrmic als condensadors*

El salt tèrmic al condensador és la diferència entre la temperatura de condensació del refrigerant i la temperatura a la que aquest cedeix la calor en el condensador. Per una potència de condensació determinada, com major sigui el salt tèrmic, menor podrà ser el volum d'aire remogut i l'àrea del condensador.

En els condensadors d'aire la temperatura de condensació es situa uns 10-15°C superior a la temperatura de l'aire ambient.

En els condensadors d'aigua la temperatura de condensació es situa uns 10-20°C per damunt de la temperatura de l'aigua.

### *2.1.3.3. Control de capacitat dels condensadors*

La pressió de condensació s'ha de mantenir sempre entre uns límits. Majors temperatures de condensació que les previstes provoquen un excessiu consum d'energia elèctrica. En canvi, baixes temperatures provocarà que l'evaporador no pugui absorbir tot el calor pel qual ha estat dissenyat.

Per tant, sabem que la temperatura de condensació serà funció del caudal d'aire en el condensador, de el coeficient de transferència de calor, de l'àrea del condensador i de l'únic factor variable: la temperatura de l'aire ambient. Aquesta temperatura pot oscil·lar entre 40 °C (casos més desfavorables a l'estiu), fins a 25 °C (les nits de l'estiu), o fins i tot a 10 °C (alguns casos de la

tardor o hivern). Per tant, a menor temperatura de l'aire, major transferència de calor i per tant això pot provocar que la temperatura i pressió de condensació baixin dels límits previstos.

Per evitar que es produeixin aquests fets hi ha una sèrie de tècniques disponibles al mercat que regulen la capacitat dels condensadors. Les més comuns, en els condensadors refredats per aire, són les següents:

1. Variar la superfície útil del condensador. Aquest mètode consisteix en col·locar una vàlvula moduladora en la línia de bypass del condensador tal que quan la pressió baixa d'un límit aquesta obre i deixa passar una quantitat determinada de vapor reescalfat. Aquest vapor obliga la no circulació del líquid refrigerant del condensador i l'obliga a tornar a la part inferior d'aquest.
2. Derivació dels gasos calents amb bypass. Es col·loca una línia de derivació entre l'entrada i la sortida del compressor governat per una vàlvula solenoide. Es regula la l'equip de vàlvules perquè, segons la pressió (o temperatura) de condensació, es deixi passar més o menys refrigerant per la línia de bypass.
3. Variar la quantitat d'aire. Es pot actuar sobre la velocitat dels ventiladors de manera que depenent de la temperatura (o pressió) de condensació girin a unes determinades revolucions. És un mètode de regulació bastant precís.
4. Funcionament cíclic dels ventiladors. En condensadors de més d'un ventilador, es pot desconnectar algun ventilador depenent de les condicions de condensació. Aquest mètode de regulació no és del tot recomanable degut a les grans oscil·lacions de temperatura de condensació.

#### **2.1.4. Vàlvula d'expansió**

La funció de les vàlvules control de flux de refrigerant, en aquest cas de la vàlvula d'expansió és:

Regular el cabal de líquid refrigerant des de la línia de líquid al evaporador a una velocitat compatible amb la vaporització del líquid i mantenir una diferència de pressions entre l'alta i la baixa pressió del sistema per provocar que el refrigerant es vaporitzi a unes condicions de pressió determinades.

Existeixen, bàsicament, els següents tipus de vàlvules d'expansió:

1. Vàlvula d'expansió manual. En aquest tipus de vàlvules, el flux de refrigerant és constant al llarg del temps ja que són vàlvules operades manualment. Aquest tipus de vàlvules està bastant en desús.
2. Vàlvula d'expansió automàtica. Aquestes vàlvules operen automàticament per mantenir la pressió de l'evaporador constant. Pot tenir problemes d'alimentació de líquid al compressor en cas que la pressió de l'evaporador caigui de la pressió de control. Són vàlvules útils en equips frigorífics amb capacitat constant, com equips refrigerats domèstics.
3. Vàlvules d'expansió electròniques. El sistema d'aquestes vàlvules efectuen la regulació basant-se en senyals de temperatura (no de pressió). Aquesta vàlvula és llavors, independent del tipus de refrigerant utilitzat. Aquesta vàlvula consisteix en una vàlvula solenoide que en intervals de sis segons, està oberta o tancada un determinat temps tal que permeti una bona regulació de la instal·lació.
4. Tub capil·lar. És la vàlvula d'expansió més senzilla de totes, utilitzada en compressors hermètics de capacitat pràcticament constant.
5. Vàlvules d'expansió termostàtica. El principal avantatge d'aquestes vàlvules, que fan que siguin les vàlvules més utilitzades en sistemes frigorífics, és que la vàlvula assegura que el vapor que es va formant en l'evaporador es reescalfa fins un valor predeterminat. Aquest fet permet tenir l'evaporador completament ple de refrigerant amb les condicions de càrrega del sistema, sense perill de pas de líquid a l'admissió del compressor. És una vàlvula molt recomanada a sistemes de refrigeració sotmesos a grans i freqüents variació de càrrega. Com a inconvenients, tenim que aquesta vàlvula no pot mantenir ni temperatura ni pressió constants en l'evaporador. Sol pot mantenir un reescalfament constant (aquest reescalfament sol ser de 7-10°C). En evaporadors, de temperatura superiors a -18°C, on la caiguda de pressió sigui major a 2°C s'han d'utilitzar vàlvules d'expansió termostàtica equilibrades exteriorment per suprimir els efectes negatius que les pèrdues de càrrega puguin causar en el reescalfament.

## 2.2 Càlculs

### 2.2.1. Càrregues tèrmiques

#### 2.2.1.1 Requisits i dades de partida

La taula 2.2 mostra les dades necessàries per fer els càlculs de la instal·lació.

Paràmetre	Abreviatura	Unitat de mesura	Valor
Longitud cambra	L	m	12
Amplada cambra	A	m	7
Altura cambra	H	m	5
Volum cambra	V	m <sup>3</sup>	420
Superfície cambra (parets, sostre i terra)	S	m <sup>2</sup>	358
Entrada diària de préssec	-	Kg	12.000
Conservació diària de préssec	-	Kg	20.000
Calor específic del préssec	C <sub>p</sub>	kJ/(kg·°C)	3,85
Calor de respiració del préssec	L <sub>r</sub>	kJ/(kg·dia)	2,092
Temperatura exterior	T <sub>ext</sub>	°C	35,6
Temperatura bulb humit exterior	T <sub>bulb humit</sub>	°C	24
Humitat relativa exterior	H <sub>r ext</sub>	%	38 (*)
Coeficient de transferència de calor si l'espessor de l'aïllant és de 70mm	U	W/m <sup>2</sup> ·°C	0,3489 (*2)
Coeficient de transferència de calor si l'espessor de l'aïllant és de 100mm	U	W/m <sup>2</sup> ·°C	0,24423 (*2)
Coeficient de transferència de calor si l'espessor de l'aïllant és de 155mm	U	W/m <sup>2</sup> ·°C	0,1512 (*2)

Taula 2.2. Requisits i dades de partida per als càlculs de les càrregues tèrmiques

(\*): S'ha trobat la humitat relativa exterior amb el diagrama psicomètric de l'aire.

(\*2): Les dades dels coeficients de transferència de calor s'han extret del catàleg de fabricant de panels Sandwich (apartat 2.3.5.1. Parets i sostre).

### 2.2.1.2. Càrregues tèrmiques per transmissions

La cambra està a l'interior d'una nau. Podem considerar, que com a molt podem arribar a l'interior de la nau a uns 36°C. Com que la fruita, abans d'entrar a la cambra estarà unes hores a dins de la nau, podem considerar la temperatura de la fruita com la de la nau (és una estimació acceptable; rarament la temperatura d'entrada de la fruita serà superior a 36°C). Per tan, com que l'interior de la cambra pot estar a 1°C, la diferència de temperatures serà de 35°C.

En fred industrial, no es distingeix entre sostre, terra i parets. Tot compta com si fossin parets del material aïllant en concret.

La calor de transmissió ( $Q_{trans}$ ) vé donada per l'expressió següent:

$$Q_{trans} = U \cdot S \cdot (\Delta T)$$

S: superfície de transferència de calor: 358 m<sup>2</sup>.

$\Delta T$ : increment de temperatura entre l'interior i exterior de la cambra: 35 °C.

U: coeficient de transferència de calor (depèn de l'espessor de l'aïllant). La taula 2.3 mostra els diferents valors de U, en funció de l'espessor del panel aïllant.

Espessor (mm)	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
70	0,3489
100	0,24423
155	0,1512

*Taula 2.3. Coeficient de transferència de calor, en funció de l'espessor de l'aïllant*

Per tan, la calor transmesa a la cambra a través de les parets, sostre i terra, segons l'espessor de l'aïllant es la mostrada a la taula 2.4:

Espessor (mm)	$Q_{trans}$ (MJ/dia)
70	337,72
100	264,4
155	163,69

*Taula 2.4. Calor de transmissió, per diferents tipus d'espessors d'aïllant*

### 2.2.1.3. Càrregues tèrmiques per serveis

És la calor aportada per les persones, llums, màquines, etc. En la següent cambra es preveuen:

- Llums: dos focus de 400 W cadascun.
- Persones: una persona treballant, com a molt. A 1 °C, la calor generada per una persona són uns 270 W.
- Màquines: no es preveuen màquines (a part dels ventiladors de l'evaporador).

Llavors, la calor deguda als serveis ( $Q_{serv}$ ), serà:

$$Q_{serv} = 270 + 2 \cdot 400 = 1070W = 3,852 MJ/dia$$

### 2.2.1.4. Càrregues tèrmiques per infiltracions

Representen els guanys de calor per l'aire que entra a l'interior de la cambra en el moment en que la porta està oberta.

La expressió que ens dóna la càrrega tèrmica deguda a les infiltracions ( $Q_{infil}$ ) és la següent:

$$Q_{infil} = n \cdot V \cdot (h_{ext} - h_{int})$$

$n$ : nombre de renovacions del volum d'aire de la cambra. Aquest paràmetre depèn dels metres cúbics de la cambra frigorífica. Segons el llibre "càmaras frigoríficas", anunciat a la bibliografia, pel volum de la cambra frigorífica en qüestió, corresponen unes 4 renovacions d'aire. Ara bé, com que és una cambra per refredar i no per conservar (o sigui, es preveuen bastantes obertures de la porta. Es justifica doncs, agafar el nombre de renovacions a 6.

$V$ : volum cambra frigorífica ( $m^3$ ). El volum és de 420  $m^3$ .

$h$ : entalpia de l'aire. En el context de la expressió anterior, aquesta entalpia ha d'estar expressada en **kJ/m<sup>3</sup>**.

Del diagrama psicomètric de l'aire, s'extreuen les següents dades, mostrades a la taula 2.5:



Dada	Unitat	Exterior	Interior
Temperatura (T)	°C	35,6	0
Humitat relativa (H <sub>r</sub> )	%	38	87,5
Entalpia (per unitat de massa) (h)	kJ/kg	72	8
Volum específic (U)	m <sup>3</sup> /kg	0,893	0,775
Entalpia (per unitat de volum) (h) (*)	kJ/m <sup>3</sup>	80,63	10,33

Taula 2.5. Dades de partida i dades extrems del diagrama psicomètric de l'aire

(\*): per passar l'entalpia a kJ/m<sup>3</sup> s'ha dividit la entalpia en kJ/kg pel volum específic.

La Fig. 2.3 mostra el diagrama psicomètric de l'aire, utilitzat a la taula anterior.

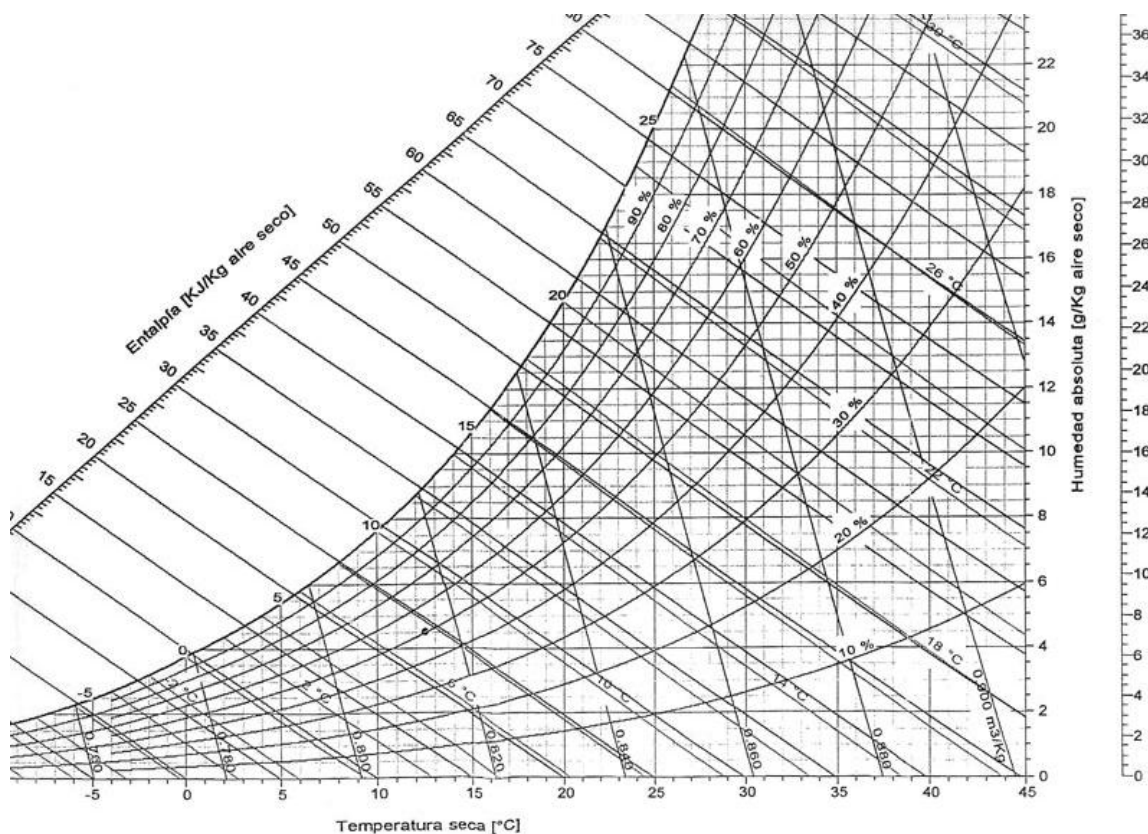


Fig. 2.3. Imatge del diagrama psicomètric de l'aire, a pressió atmosfèrica

Per tan, les aportacions d'aire degut a les infiltracions són:

$$Q_{infil} = 6 \cdot 420 \cdot (80,63 - 10,33) = 177142,19 \frac{\text{kJ}}{\text{dia}} = 177,14 \frac{\text{MJ}}{\text{dia}}$$

### 2.2.1.5. Càrregues tèrmiques degudes al refredament de la fruita

Aquesta calor és la que es necessita extreure de la cambra per refredar el gènere. Acostuma a ser, per aquest tipus de cambres frigorífiques, el valor més important. La calor deguda al refredament de la fruita ( $Q_{refr}$ ) ve donada per la següent expressió:

$$Q_{refr} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

m: massa diària de producte a refredar: 12.000 kg.

$C_p$ : calor específic del préssec: 3,85 kJ/(kg·°C).

$\Delta T$ : increment de temperatura de la fruita: 35 °C.

La càrrega tèrmica pel refredament del gènere és:

$$Q_{refr} = 12000 \cdot 3,85 \cdot 35 = 1617000 \frac{kJ}{dia} = 1617 \frac{MJ}{dia}$$

### 2.2.1.6. Càrregues tèrmiques degudes a la respiració de la fruita

Aquesta calor és la aportada per la fruita deguda a la maduració. La calor de respiració ( $Q_{resp}$ ) ve donada per l'expressió següent:

$$Q_{resp} = L_r \cdot m$$

m: massa de fruita a l'interior de la cambra: 20.000 kg.

$L_r$ : calor de respiració dels préssecs. El software "VP Frio" dóna una calor de respiració, per als préssecs a 1 °C, de: 2,092 kJ/(kg·dia).

Per tan, els guanys de calor per respiració de la fruita són:

$$Q_{resp} = 2,092 \cdot 20000 = 41840 \frac{kJ}{dia} = 41,84 \frac{MJ}{dia}$$

### 2.2.1.7. Càrregues tèrmiques degudes als motors

És la calor generada pels ventiladors de l'evaporador. Com que no es té cap dada de l'evaporador, els autors recomanen seguir la següent expressió per trobar la calor generada pels motors ( $Q_{mot}$ ):

$$Q_{mot} = 0,05 \cdot (Q_{trans} + Q_{infil} + Q_{refr})$$

Com que la calor de transmissió va en funció de l'espessor de l'aïllant, la calor generada pels motors, també. Llavors, la calor generada pels motors és la següent (taula 2.6):

Espessor aïllant (mm)	$Q_{mot}$ (MJ/dia)
70	106,6
100	102,93
155	97,89

Taula 2.6. Calor generada als motors en funció de l'espessor de l'aïllant

### 2.2.1.8. Càrregues tèrmiques totals

Els guanyos de calor totals, en la cambra frigorífica, són la suma de totes les aportacions de calor citades anteriorment. A més a més, com es justifica a l'apartat 1.7.2.1, s'aplica un coeficient de seguretat, o majoració més ben dit, del 20%.

$$Q_T = Q_{trans} + Q_{serv} + Q_{infil} + Q_{refr} + Q_{resp} + Q_{mot}$$

$$Q_{TOTAL} = 1,2 \cdot Q_T$$

Per tan, les càrregues tèrmiques de la cambra, en funció de l'espessor de l'aïllant, són les següents:

Espessor aïllant (mm)	$Q_T$ (MJ/dia)	$Q_{TOTAL}$ (MJ/dia)
70	2284,15	<b>2740,98</b>
100	2207,16	<b>2648,59</b>
155	2101,41	<b>2521,69</b>

Taula 2.7. Càrregues tèrmiques de la cambra frigorífica en funció de l'espessor de l'aïllant

## 2.2.2. Cicle frigorífic

### 2.2.2.1. Dades de partida

Es comprova, de forma manual, les solucions obtingudes amb els programes informàtics. Es prendrà cada valor com a vàlid si s'aproxima, amb bastanta precisió, a la solució obtinguda pels programes informàtics.

La taula 2.8 mostra les dades de partida per determinar el cicle frigorífic.

Paràmetre	Unitat	Valor
Temperatura evaporació	°C	-5
Temperatura de condensació	°C	50
Pressió d'alta	bar	13,176
Pressió de baixa	bar	2,434
Tipus de refrigerant	-	R-134a
Subrefredament	°C	5
Reescalfament útil	°C	5
Reescalfament no útil	°C	0
Potència frigorífica (evaporador)	kW	46,8 (*)
Potència elèctrica (compressor)	kW	18,23(*)
Relació de compressió (RC)	-	5,765

*Taula 2.8. Dades de partida del cicle frigorífic*

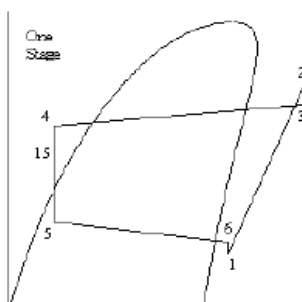
(\*): Aquestes dades són les que s'imposen per poder comprovar si totes les demés dades concorden amb les subministrades pels programes informàtics. Aquestes, en concret s'han extret del "Bitzer Software"

La següent taula (Fig. 2.4) mostra informació de les dades del refrigerant en les diferents situacions en que es troba, al llarg del cicle. Algunes d'elles s'han utilitzat, també com a dades de partida.

```

*****
***** Coordinates *****
*****

Refrigerant: R134a
Values at points 1-6,15 for the selected one stage cycle
    
```



Point	T [°C]	P [bar]	v [m³/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	-0,313	2,344	0,087851	398,754	1,7443
2	73,258	13,510	0,017112	450,031	1,7849
3	72,753	13,176	0,017608	450,031	1,7866
4	45,000	13,176	N/A	263,712	N/A
5	N/A	2,434	N/A	263,712	N/A
6	0,000	2,434	0,084431	398,754	1,7414
15	N/A	13,011	N/A	263,712	N/A

```

*****
Copyright © 1999 Dep. of Energy Engineering, DTU
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen 13-01-30
    
```

**Fig. 2.4.** Dades termodinàmiques de cada punt de la instal·lació frigorífica, obtingudes amb el "Coolpack"

### 2.2.2.2. Característiques tècniques de la instal·lació

$$Q_{evap} = \dot{m} \cdot (h_6 - h_5) \Rightarrow \dot{m} = \frac{Q_{evap}}{h_6 - h_5} = \frac{46,8}{398,754 - 263,712}$$

$$\dot{m} = 0,3465588 \text{ kg/s} = 1247,61 \text{ kg/h}$$

$$Q_{cond} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4) = 0,3465588 \cdot (450,031 - 263,712)$$

$$Q_{cond} = 64.57 \text{ kW}$$

$$W_{teòric} = Q_{cond} - Q_{evap} = 64,57 - 46,8 = 17,77 \text{ kW}$$

### 2.2.2.3. Rendiments del compressor

Unes altres dades que cal saber per determinar el cicle frigorífic són els rendiments del compressor. Aquests rendiments són el rendiment isentròpic ( $\eta_{ise}$ ) i el rendiment volumètric ( $\eta_{vol}$ ).

El rendiment volumètric és la relació entre el cabal real de refrigerant aspirat i el cabal teòric. Aquest rendiment varia amb la relació de compressió i per tan en les condicions de funcionament d'aquest. S'admet, sense cometre gaire error, que la variació del rendiment volumètric és lineal i que per unes condicions de funcionament determinades, aquest rendiment val:

$$\eta_{vol} = 1 - 0,05 \cdot \frac{P_{alta}}{P_{baixa}} = 1 - 0,05 \cdot RC = 0,7295$$

El rendiment isentròpic és la relació entre el treball del compressor teòric i el real. Aquesta desviació és deguda a les irreversibilitats en el compressor (pèrdues de càrrega a les vàlvules, transmissió de calor a través del cilindre...)

$$\eta_{ise} = \frac{w_{teòric}}{w_{real}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

**$h_{2s}$ :** entalpia del fluid a la sortida del compressor (isentròpica)

**$h_2$ :** entalpia del fluid a la sortida del compressor (real)

**$h_1$ :** entalpia del fluid a l'entrada del compressor

**$w_{teòric}$ :** treball, per unitat de temps, del compressor (teòric)

**$w_{real}$ :** treball, per unitat de temps, del compressor (real)

Tot i aquestes expressions, no es pot saber a priori quin és el valor del rendiment isentròpic del compressor. Tanmateix s'admet, en general, que per a un funcionament determinat, el rendiment isentròpic i el volumètric són iguals

$$\eta_{ise} = \eta_{vol} = 0,7295$$

Un cop escollit el compressor, es comprova el rendiment isentròpic amb el facilitat pel fabricant. Com que el fabricant no acostuma a donar el rendiment isentròpic, es mira de que sigui raonable (molt pròxim). El fabricant donarà la potència elèctrica consumida pel compressor. A partir de la potència teòrica del

compressor, obtinguda amb els càlculs, es pot saber si el rendiment isentròpic considerat prèviament és acceptable, de cara als càlculs del compressor. L'error comés és el següent:

$$\%_{error} = \frac{P_{elec} - W_{teòric}}{P_{elec}} \cdot 100 = \frac{18,23 - 17,77}{18,23} \cdot 100$$

$$\%_{error} = 2,52\%$$

$W_{teòric}$ : És la potència del compressor havent considerat prèviament que el rendiment isentròpic és 0,73.

$P_{elec}$ : És la potència del compressor obtinguda pel fabricant, havent considerat aquest el rendiment isentròpic i el rendiment electromecànic (tot i que aquest últim és petit).

Es pot considerar que l'aproximació de  $\eta_{ise} = \eta_{vol}$  es pot donar com a bona. A més a més la potència subministrada pel fabricant de compressors porta incorporada el rendiment electromecànic. En canvi, la potència calculada de forma manual inclou el rendiment isentròpic i no l'electromecànic.

### 2.2.3. Espessor de l'aïllament

L'aïllament de les parets i el sostre pot ser de varis espessors. Es discuteix entre el de 100mm i el de 155 mm d'espessor. El subministrador del panel aïllant és l'empresa Taver.

#### 2.2.3.1. Cost fix

El fabricant de panels Taver té els preus mostrats a la taula 2.9.

Espessor (mm)	Preu aïllant (€/m <sup>2</sup> )	Superfície de parets i sostre (m <sup>2</sup> )	Cost de l'aïllant (€)
100	39,5	274	10.823
155	46	274	12.604

Taula 2.9. Preu dels diferents panels i cost total d'aquests

O sigui, l'estalvi de posar l'aïllant de 100mm en comptes del de 155mm és de **1.781€**.

### 2.2.3.1. Cost variable

Considerem que la cambra funcionarà uns 70 dies anuals a màxima potència dels compressors (és una aproximació bastant bona ja que comprèn més o menys l'època de recol·lecció de la fruita del client). Llavors la calor a eliminar de la cambra es mostra a la taula 2.10.

Espessor (mm)	Càrregues tèrmiques (MJ/dia)	Dies de funcionament anual (dies/any)	Calor a eliminar anualment (MJ/any)
100	2.649	70	185.430
155	2.522	70	176.540

*Taula 2.10. Calor a eliminar de la cambra anualment, depenent de l'espessor de l'aïllant*

Si tenim present que el COP de la instal·lació frigorífica és 2,57, llavors el consum elèctric anual serà el quocient entre la calor de l'evaporador i el COP. La taula 2.11 mostra el consum elèctric anual.

Espessor (mm)	$Q_{\text{evap}}$ (MJ/any)	$C_{\text{elec}} = Q_{\text{evap}} / \text{COP}$	$C_{\text{elec}}$ (kW·h/any)
100	185.430	72.152	20.042
155	176.540	68.693	19.081

*Taula 2.11. Consum elèctric anual, depenent de l'espessor de l'aïllant*

Un cop conegut el consum elèctric de la cambra frigorífica, s'ha de saber el cost econòmic que comporta.

En cambres frigorífiques (com que consumeixen una quantitat d'electricitat important) poden estar dins de la tarifa elèctrica 3.0A d'electricitat. Aquesta tarifa manté que depenent de l'hora de consum elèctric, el preu del kW·h sigui diferent. Les diferents zones horàries que aquesta tarifa discrimina són les zones punta, pla i vall.

La taula 2.12 mostra el preu de les diferents zones horàries i la franja horària de cada període:



Zona horària	Cost de l'electricitat (€/kW·h)	Fracció horària del període
Punta	0,175392	4/24
Vall	0,076091	8/24
Pla	0,130820	12/24

Taula 2.12. Cost de l'electricitat dependent de la zona horària



Junio 2012

Periodos tarifarios de la tarifa de acceso de 3 periodos 3.0A

Fecha Emisión :15/12/2011 - 12:32

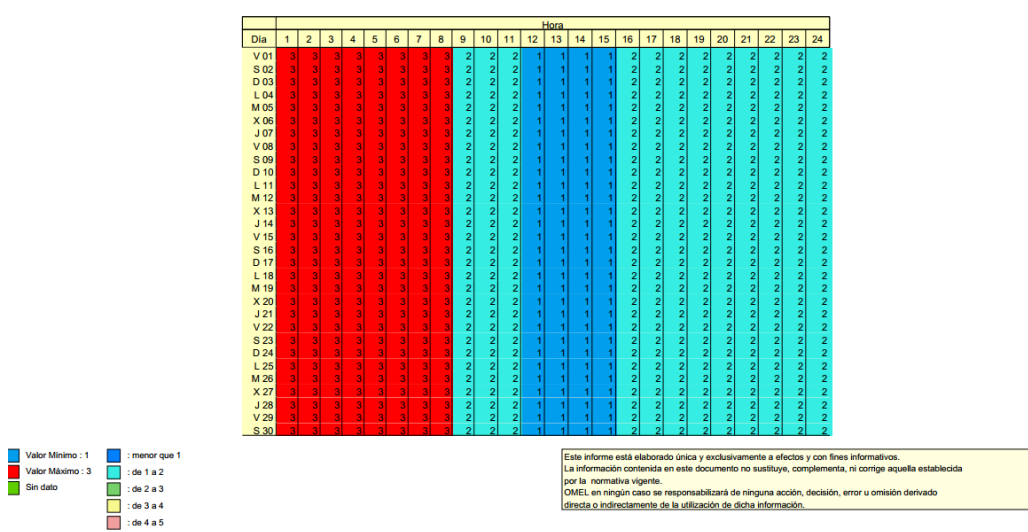


Fig. 2.5. Fracció d'hores de les diferents zones horàries

Per tan, el preu mig de l'electricitat serà de:

$$P = \frac{4}{24} \cdot 0,175392 + \frac{8}{24} \cdot 0,076091 + \frac{12}{24} \cdot 0,13082 = 0,120006 \frac{\text{€}}{\text{kW}\cdot\text{h}}$$

Un cop conegut el preu mig de l'electricitat, es pot calcular el cost de funcionament. La taula 2.13 mostra el cost anual.

Espesor (mm)	C <sub>elec</sub> (kW·h/any)	Preu mig de la electricitat (€/kW·h)	Consum anual (€/any)
100	20.042	0,120006	2.405,16
155	19.081	0,120006	2.289,83

Taula 2.13. Consum anual d'electricitat dependent de l'espessor de l'aïllant

La diferència de consum elèctric anual entre ambdós aïllants és de tan sols **115,33 €/anuals**. Ara bé, al llarg de la vida útil de la cambra frigorífica, aquesta diferència pot ser determinant.

Si suposem una vida útil de la cambra de 15 anys i un interès anual de l'electricitat del 3%, el consum elèctric (en €) vindrà determinat per la següent expressió:

$$Cost = \sum_{n=0}^{n=14} (Consum\ anual \cdot Preu\ electricitat \cdot (1 + n \cdot i))$$

Preu electricitat: 0,120006 €/kW·h

Interès anual (i): 0,03

La taula 2.14 mostra el cost elèctric amb 15 anys de funcionament.

Espessor aïllant (mm)	Cost elèctric durant 15 anys (€)
100	43.654
155	41.561


*Taula 2.14. Cost elèctric durant 15 anys, depenent de l'espessor de l'aïllant*

Llavors, la diferència de consum elèctric, en 15 anys, és d'aproximadament **2.100 €**.

## 2.3. Catàlegs dels components

Les següents pàgines de l'annex contenen pràcticament tots els catàlegs dels components de la cambra frigorífica.

### 2.3.1. Compressor

	
Version 5.3.2	31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	3 / 9

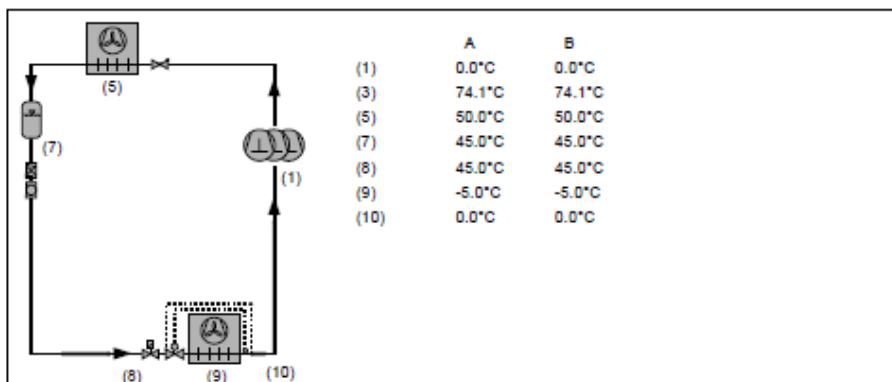
#### Resumen rendimiento del sistema


##### Valores de entrada

Tipo de compresor	compresores alternativos, semiherméticos
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Potencia frigorífica	46.0 kW
Método de Subenfriamiento	Natural
Alimentación eléctrica	50 Hz / 400 V
Temperatura del líquido (después del condensador)	45.0°C
Recalentamiento de gas aspirado	5.0K
Recalentamiento útil	100%

Resultado	Punto de funcionamiento A				Punto de funcionamiento B			
Temp. de evaporación:	-5.0°C				-5.0°C			
Temp. de condensación:	50.0°C				50.0°C			
Compresor	Qo kW	Pe kW	COP W/W	Ratio %	Qo kW	Pe kW	COP W/W	Ratio %
<b>Total</b>	<b>46.8</b>	<b>18.23</b>	<b>2.57</b>	<b>101.8</b>	<b>46.8</b>	<b>18.23</b>	<b>2.57</b>	<b>101.8</b>
1 6GE-30Y-40P	46.8	18.23	2.57	100.0	46.8	18.23	2.57	100.0
---> CR: 66%	30.9	12.29	2.51	66.0	30.9	12.29	2.51	66.0
---> CR: 33%	15.45	7.11	2.17	33.0	15.45	7.11	2.17	33.0

Considere las notas detalladas con respecto al calculo de carga parcial!  
Gama de utilización, considerar el listado individual del compresor



 Version 5.3.2	31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio <span style="float: right;">4 / 9</span>
--	--


## Datos de funcionamiento del sistema

### Valores de entrada

Tipo de compresor	compresores alternativos, semiherméticos
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Potencia frigorífica	46.0 kW
Método de Subenfriamiento	Natural
Alimentación eléctrica	50 Hz / 400 V
Temperatura del líquido (después del condensador)	45.0°C
Recalentamiento de gas aspirado	5.0K
Recalentamiento útil	100%

Resultado	Punto de funcionamiento A	Punto de funcionamiento B
Temp. de evaporación:	-5.0°C	-5.0°C
Temp. de condensación:	50.0°C	50.0°C
Potencia frigorífica	46.8 kW	46.8 kW
Capacidad del evaporador	46.8 kW	46.8 kW
Capacidad del evaporador en relación con la entrada	101.8 %	101.8 %
Potencia de condensación	65.1 kW	65.1 kW
Potencia absorbida	18.23 kW	18.23 kW
Corriente (400V)	31.9 A	31.9 A
COP/EER	2.57	2.57
Caudal másico	1246 kg/h	1246 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	74.1 °C	74.1 °C

Considere las notas detalladas con respecto al calculo de carga parcial!

 Version 5.3.2	31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio
--	---

### Datos de funcionamiento del compresor 6GE-30Y-40P

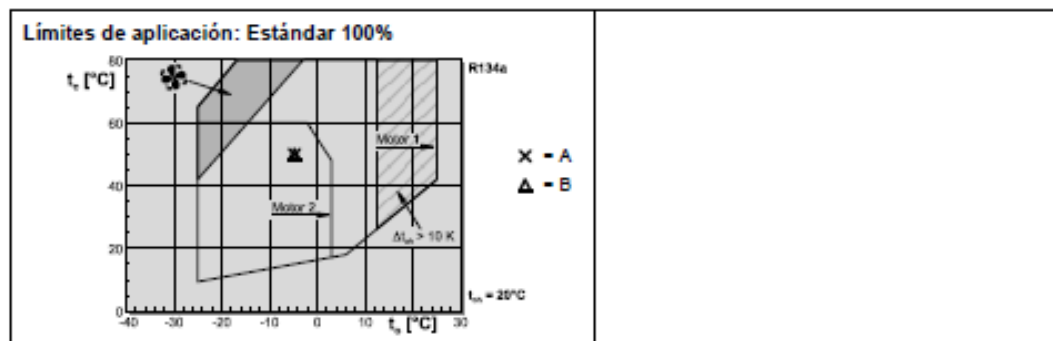
#### Valores de entrada


Tipo de compresor	compresores alternativos, semiherméticos
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Potencia frigorífica	46.0 kW
Método de Subenfriamiento	Natural
Alimentación eléctrica	50 Hz / 400 V
Temperatura del líquido (después del condensador)	45.0°C
Recalentamiento de gas aspirado	5.0K
Recalentamiento útil	100%

Resultado	Punto de funcionamiento A	Punto de funcionamiento B
Temp. de evaporación:	-5.0°C	-5.0°C
Temp. de condensación:	50.0°C	50.0°C
Potencia frigorífica	46.8 kW	46.8 kW
Potencia frigorífica *	46.2 kW	46.2 kW
Potencia en el evap.	46.8 kW	46.8 kW
Potencia absorbida	18.23 kW	18.23 kW
Potencia del condensador	65.1 kW	65.1 kW
Corriente (400V)	31.9 A	31.9 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
COP/EER	2.57	2.57
COP/EER *	2.53	2.53
Caudal másico	1246 kg/h	1246 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	74.1 °C	74.1 °C

Considere las notas detalladas con respecto al calculo de carga parcial!

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)



 <p>Version 5.3.2</p>	<p>31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio</p> <p>5 / 9</p>
--	---

### Datos de funcionamiento del compresor 6GE-30Y-40P en 66%

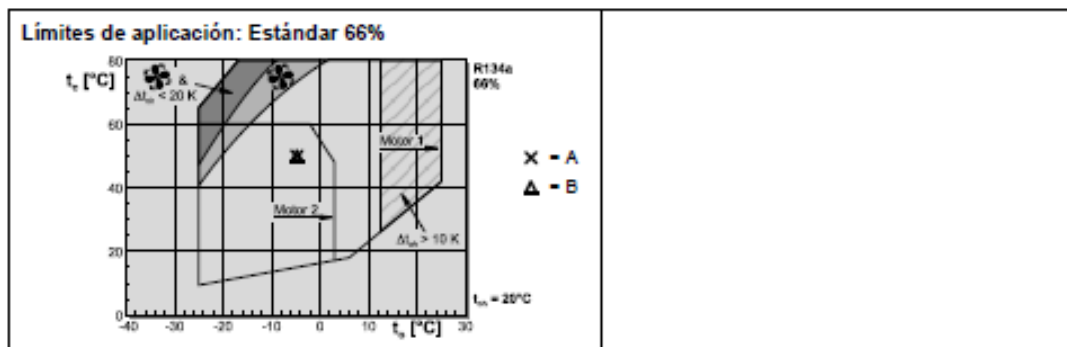
#### Valores de entrada


Tipo de compresor	compresores alternativos, semiherméticos
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Potencia frigorífica	46.0 kW
Método de Subenfriamiento	Natural
Alimentación eléctrica	50 Hz / 400 V
Temperatura del líquido (después del condensador)	45.0°C
Recalentamiento de gas aspirado	5.0K
Recalentamiento útil	100%

Resultado	Punto de funcionamiento A	Punto de funcionamiento B
Temp. de evaporación:	-5.0°C	-5.0°C
Temp. de condensación:	50.0°C	50.0°C
Potencia frigorífica	30.9 kW	30.9 kW
Potencia frigorífica *	--	--
Potencia en el evap.	30.9 kW	30.9 kW
Potencia absorbida	12.29 kW	12.29 kW
Potencia del condensador	0 kW	0 kW
Corriente (400V)	24.2 A	24.2 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
COP/EER	2.51	2.51
COP/EER *	--	--
Caudal másico	823 kg/h	823 kg/h
Modo de funcionamiento	Auto	Auto
Temp. Gas de descarga no enfriado	--	--

Considere las notas detalladas con respecto al calculo de carga parcial!

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)



 Version 5.3.2	31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio 7 / 9
--	---

#### Datos de funcionamiento del compresor 6GE-30Y-40P en 33%

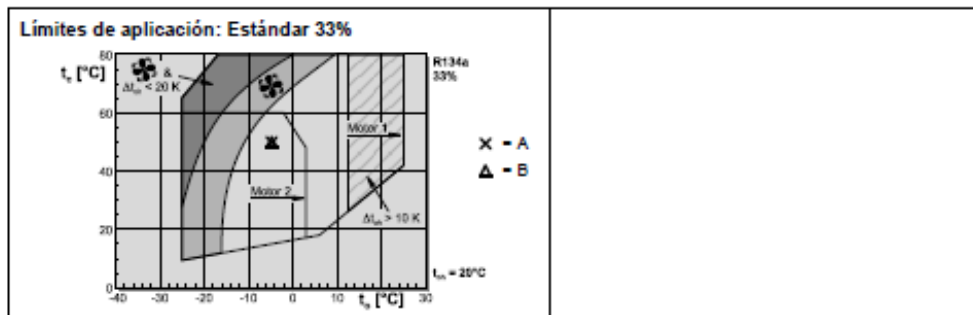
##### Valores de entrada

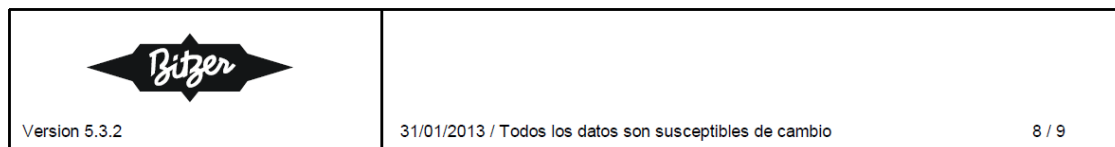
Tipo de compresor	compresores alternativos, semiherméticos
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Potencia frigorífica	46.0 kW
Método de Subenfriamiento	Natural
Alimentación eléctrica	50 Hz / 400 V
Temperatura del líquido (después del condensador)	45.0°C
Recalentamiento de gas aspirado	5.0K
Recalentamiento útil	100%

Resultado	Punto de funcionamiento A	Punto de funcionamiento B
Temp. de evaporación:	-5.0°C	-5.0°C
Temp. de condensación:	50.0°C	50.0°C
Potencia frigorífica	15.45 kW	15.45 kW
Potencia frigorífica *	--	--
Potencia en el evap.	15.45 kW	15.45 kW
Potencia absorbida	7.11 kW	7.11 kW
Potencia del condensador	0 kW	0 kW
Corriente (400V)	18.81 A	18.81 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
COP/EER	2.17	2.17
COP/EER *	--	--
Caudal másico	411 kg/h	411 kg/h
Modo de funcionamiento	Auto	Auto
Temp. Gas de descarga no enfriado	--	--

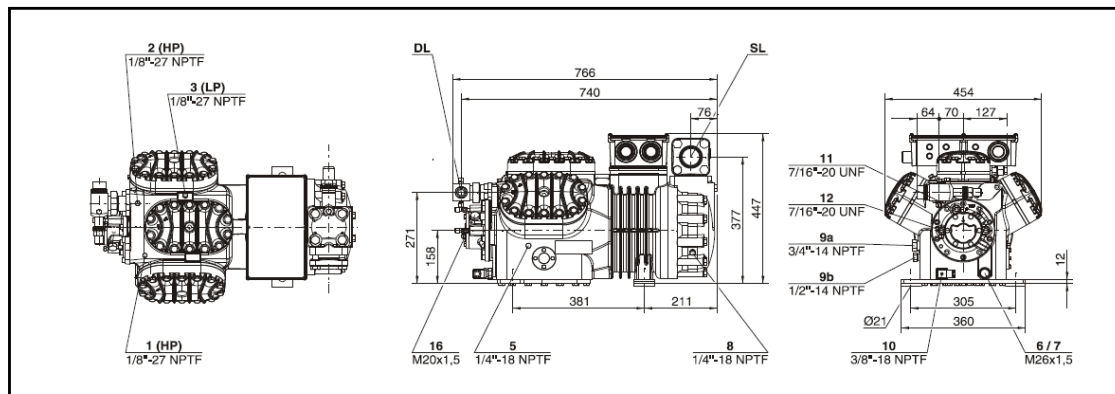
Considere las notas detalladas con respecto al calculo de carga parcial!

\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)






### Datos técnicos del compresor 6GE-30Y-40P (#1)



### Datos técnicos

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	126,8 m³/h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	153,0 m³/h
Campo de frecuencias	30..70 Hz
Nº de cilindros x diámetro x carrera	6 x 75 mm x 55 mm
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50 Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	37.6 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	135.0 A Y / 220.0 A YY
Peso	228 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 28 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	35 mm - 1 3/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A	tc<60°C: BSE32 / tc>60°C: BSE55 (Option)
Carga de aceite	4,75 dm³
Calefactor de Cáster	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta P2 (Option, not for R290/R1270)
Válvula de servicio aceite	Option
Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Protección motor	SE-B2
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-66-33% (Option)
Ventilador adicional	Option
Antivibradores	Standard
Potencia sonora (-10°C / 45°C)	81,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	73,5 dB(A) @ 50Hz



 Version 5.3.2	31/01/2013 / Todos los datos son susceptibles de cambio <span style="float: right;">9 / 9</span>
--	--

## Notas: compresores alternativos, semiherméticos

Motor 1 = p.ej. 4TCS-12.2 con 12 "CV", primario para climatización (p.ej. R22, R407C), refrigeración normal (p.ej. R404A, R507A, R22) y climatización con altas temperaturas del aire ambiente (R134a).  
 Motor 2 = p.ej. 4TCS-8.2 con 8 "CV", para refrigeración normal y a baja temperatura (p.ej. R404A, R507A, R22) y climatización con R134a.  
 Para más informaciones sobre los campos de aplicación véase "Límites".

Modos de operación para compresores Octagon (2KC-05.2 hasta 4DC-5.2) anteriores con 2 cilindros con R22:  
 Standard SL(A) = Motor refrigerado por gas de aspiración, para climatización y refrigeración normal  
 Varicool SL(B) = Aspiración directa, motor refrigerado por aire, para refrigeración a baja temperatura

Modos de operación para 4VCS-6.2 (4Z-5.2) hasta 6F-40.2 y 44J-26.2 hasta 66F-80.2 con R22:  
 CIC = Inyección del refrigerante en caso de refrigeración a baja temperatura, motor refrigerado por gas de aspiración

Datos de potencia con certificado ASERCOM:

El gremio de fabricantes europeos de componentes para la técnica frigorífica ha implementado un programa de certificación para los datos de potencia de los compresores frigoríficos. El alto estándar de esta certificación se garantiza por:

- Verificación de la plausibilidad de los datos, realizada por expertos.
- Mediciones regulares por institutos independientes.

Este elevado esfuerzo de trabajo tiene como consecuencia que únicamente se puedan presentar una cantidad limitada de compresores. Por esa razón todavía no se han certificado todos los compresores BITZER.

Los datos de potencia de los compresores que han satisfecho estas estrictas exigencias, pueden ostentar la etiqueta "ASERCOM certified". En este software se ha colocado la etiqueta de certificación de los compresores respectivos a la izquierda bajo el campo de resultados o en la impresión de los datos de potencia. Todos los compresores certificados y otras informaciones se hallan listadas en la página web de ASERCOM ([www.ASERCOM.org](http://www.ASERCOM.org)).

Datos de rendimiento con R404A/R507A a temperaturas de evaporación por debajo de -20°C con refrigeración adicional. Dependiente del tipo de la instalación, se tiene que considerar el consumo de potencia de un ventilador adicional.

Potencia del condensador:

Se puede calcular la potencia del condensador sin y con radiación térmica. Se puede seleccionar esta opción en el menú PROGRAMA/ Opciones. La radiación térmica es constantemente 5% de la demanda de energía. La potencia del condensador es indicada en la línea potenc. del cond. (con RT) o potencia del condensador.

Dato para los niveles sonoros:

Dato con funcionamiento a 50Hz (IP-units 60Hz) y R404A.

Presión sonora a 1metro, superficie de medida hemisférica, en campo libre sobre un plano reflectante.

Para más información ver la Technical Information "Sound Data".

Leyenda y posición de las "Dimensiones":

- 1 Presostato de alta presión (AP)
- 2 Protección temperatura gas de descarga (AP)
- 3 Presostato de baja presión (BP)
- 4 Sistema CIC: inyector (BP)
- 4b Sensor CIC
- 5 Tapón llenado aceite
- 6 Tapón vaciado aceite
- 7 Filtro de aceite (tapón magnético)
- 8 Retorno de aceite (separador de aceite)
- 9 Igualación aceite y gas (funcionamiento en paralelo)
- 9a Igualación gas (funcionamiento en paralelo)
- 9b Igualación aceite (funcionamiento en paralelo)
- 10 Calefactor de cárter
- 11 Presión aceite +
- 12 Presión aceite -
- 13 Conexión agua enfriamiento
- 16 Connessione per interruttore diff. pressione olio "Delta-P"

## 2.3.2. Condensador

**Scelte**  
SELECTION SOFTWARE

V3R8M1 db100220



**LUVATA**  
Partnerships beyond metals

Usuario

Àlex Albà

Selección Condensador

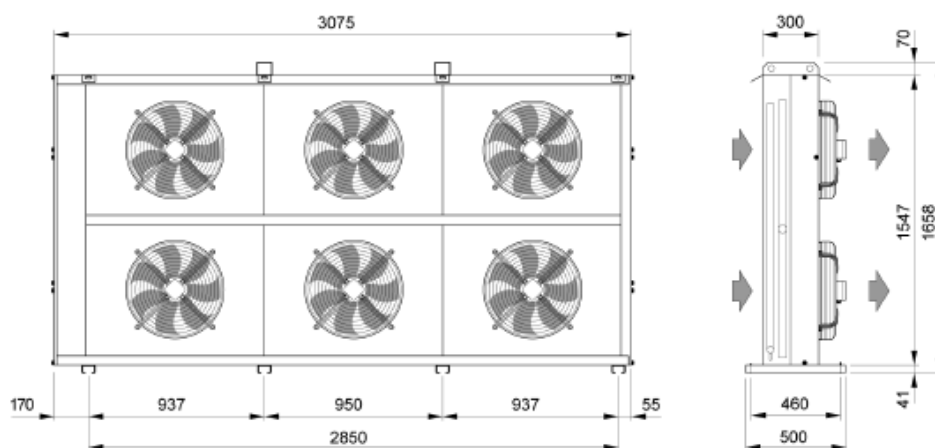
31/01/2013

Capacidad del Condensador	kW	64,570		
Temperatura aire exterior	°C	40,0	Temperatura de condensación	°C 50,0
Refrigerante		R134a		
Altitud	m	100		
Desobrecalentamiento	°C	35,0		

Intercambiador * Bateria	Standard	Alimentación	Standard
Motor / Ventilador	Standard	Flujo aire	H

Modelo Seleccionado: 1 x ACE 56B3-SH

Capacidad	kW	65,455	Margen de reserva	%	1,4
DT	°C	10,0	Hot Gas	°C	85,0
Tot.Caud.Aire	m3/h	24360	Pres. son. tot. 10 mt.	dB(A)	46



Peso	kg	273,000			
Superficie externa	m2	364,00	Superficie interna	m2	21,49
Conexión entrada		54 mm	Conexión salida		42 mm
Paso aletas	mm	2.1	Capacidad circuito	dm3	42,00
Ventilador	n.	6	Diámetro	mm	500
Caudal aire	m3/h	24360	Potencia sonora	dB(A)	79
Conexión	Star		Velocidad de rotación	r.p.m.	870
Alimentación	V	Standard	Número de polos	n.	6
Consumo Total	A	3,12	Clase de eficiencia		C
Potencia nominal	Watt	1680	Potencia absorbida	Watt	1260

### 2.3.3. Evaporador

**Scelte**  
SELECTION SOFTWARE

V3R8M1 db100220



**LUVATA**  
Partnerships beyond metals

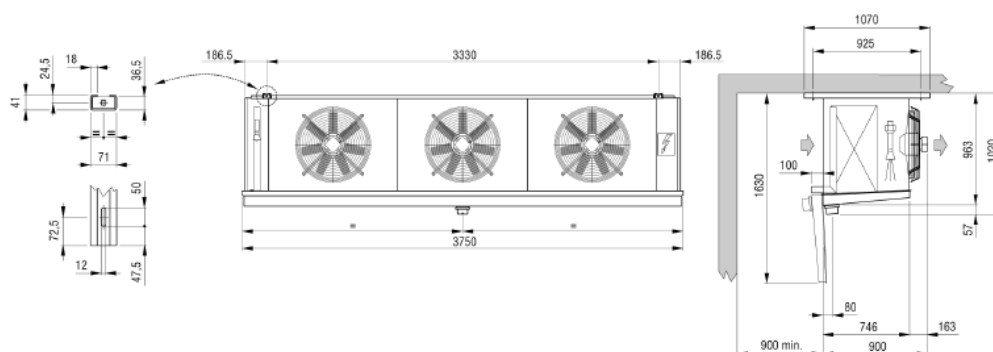
Usuario

Àlex Albà

Selección Aeroevaporador

31/01/2013

Capacidad	kW	46,800			
Temp. cámara / Humedad rel. Cáma	°C	1,0 / 85	Temperatura de evaporación	°C	-5,0
DT	°C	6,0	Refrigerante		R134a
Mínimo número de unidades en cámara		1			
Intercambiador * Bateria	Standard		Carrocería	Standard	
Alimentación motor ventilador	Standard		Tipo motor ventilador	Standard	
Desescarche	Eléctrico				
Modelo Seleccionado: 1 x ICE 53D08 ED					
Capacidad	kW	48,045	Margen de reserva	%	2,7
DT	°C	6,0	Tot.Caud.Aire	m3/h	27000



Peso	kg	356,000			
Superficie interna	m2	49,80	Superficie externa	m2	245,10
Conexión entrada		35 mm	Conexión salida		54 mm
Capacidad circuito	dm3	100,00	Paso aletas	mm	8
Conexión desagüe		3" GAS			
Desescarche	ED	Eléctrico	Consumo Total	Watt	28800
Ventilador	n.	3	Diámetro	mm	560
Caudal aire	m3/h	27000	Flecha de aire	m	33,0
Alimentación	V	400/3/50	Velocidad de rotación	r.p.m.	1220
Consumo Total	A	5,4	Potencia total	Watt	3000

**Ci** Evaporadores cúbicos, ventilados, Industriales



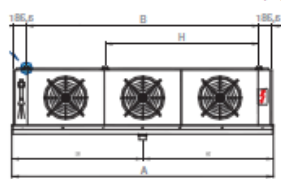
«ICE... B, A, D/08» Separación de aleta 8 mm, hélice Ø 450 y 560 mm

C1-01-080

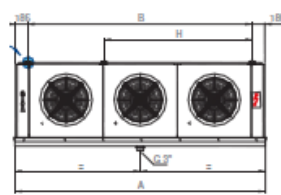
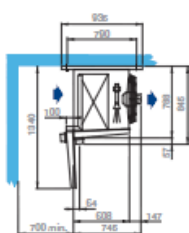
Modelo ICE Ø 560 mm Dimensiones en mm	51A/B6 06/8 51A/B 10/12	52A/B/D 06/8 52A/B/D 10/12	53A/B/D 06/8 53A/B/D 10/12	54A/B 06/8 54A/B 10/12
Totales	Largo A Alto Fondo C	1550 2650	3750 1020 900	4850
Anclajes	B H	1130 —	2230 —	3300 — 4430 2228
Separación pared			900	
Conex. frigoríficas	Entrada Salida	22 mm. 35 mm.	28 mm. 52/53/54A/B 54 mm 54D 2x54 mm	A/B 36-D 2x35
Conex. desagüe	Salida		3" GAS	
WD Conex. entrada agua:	Salida		1 1/4" GAS	2x1 1/4 GAS



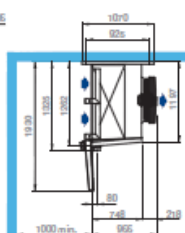
Ver dimensiones modelos de Ø 450 mm en página C26.



Modelos Ø 450 mm



Modelos Ø 560 mm



Sin desescarche			Desescarche eléctrico			Desescarche por agua			Desescarche por gas caliente		
Modelo	Código	€	Modelo	Código	€	Modelo	Código	€	Modelo	Código	€
ICE-41 B08	301826	2.271,00	ICE-41 B08 ED	301844	2.602,00	ICE-41 B08 WD	301862	2.544,00	ICE-41 B08 HG	301880	2.644,00
ICE-42 A08	301827	3.374,00	ICE-42 A08 ED	301845	3.781,00	ICE-42 A08 WD	301863	3.695,00	ICE-42 A08 HG	301881	3.928,00
ICE-42 B08	301828	3.743,00	ICE-42 B08 ED	301846	4.155,00	ICE-42 B08 WD	301864	4.059,00	ICE-42 B08 HG	301882	4.357,00
ICE-43 A08	301829	4.698,00	ICE-43 A08 ED	301847	5.216,00	ICE-43 A08 WD	301865	5.093,00	ICE-43 A08 HG	301883	5.468,00
ICE-43 B08	301830	5.267,00	ICE-43 B08 ED	301848	5.791,00	ICE-43 B08 WD	301866	5.656,00	ICE-43 B08 HG	301884	6.131,00
ICE-44 B08	301831	6.617,00	ICE-44 B08 ED	301849	7.300,00	ICE-44 B08 WD	301867	7.133,00	ICE-44 B08 HG	301885	7.703,00
ICE-51 A08	301832	3.214,00	ICE-51 A08 ED	301850	3.812,00	ICE-51 A08 WD	301868	3.725,00	ICE-51 A08 HG	301886	3.742,00
ICE-51 B08	301833	3.508,00	ICE-51 B08 ED	301851	4.108,00	ICE-51 B08 WD	301869	4.014,00	ICE-51 B08 HG	301887	4.083,00
ICE-52 A08	301834	5.320,00	ICE-52 A08 ED	301852	5.938,00	ICE-52 A08 WD	301870	5.805,00	ICE-52 A08 HG	301888	6.193,00
ICE-52 B08	301835	5.628,00	ICE-52 B08 ED	301853	6.152,00	ICE-52 B08 WD	301871	6.011,00	ICE-52 B08 HG	301889	6.551,00
ICE-52 D08	301836	7.288,00	ICE-52 D08 ED	301854	8.087,00	ICE-52 D08 WD	301872	7.899,00	ICE-52 D08 HG	301890	8.483,00
ICE-53 A08	301837	7.728,00	ICE-53 A08 ED	301855	8.419,00	ICE-53 A08 WD	301873	8.221,00	ICE-53 A08 HG	301891	8.996,00
ICE-53 B08	301838	8.227,00	ICE-53 B08 ED	301856	9.058,00	ICE-53 B08 WD	301874	8.850,00	ICE-53 B08 HG	301892	9.577,00
ICE-54 A08	301839	9.994,00	ICE-54 A08 ED	301857	10.797,00	ICE-54 A08 WD	301875	10.549,00	ICE-54 A08 HG	301893	11.634,00
ICE-53 D08	301840	9.888,00	ICE-53 D08 ED	301858	10.956,00	ICE-53 D08 WD	301876	10.702,00	ICE-53 D08 HG	301894	11.510,00
ICE-54 B08	301841	10.063,00	ICE-54 B08 ED	301859	11.119,00	ICE-54 B08 WD	301877	10.862,00	ICE-54 B08 HG	301895	11.715,00
ICE-54 D08	301842	12.085,00	ICE-54 D08 ED	301860	13.416,00	ICE-54 D08 WD	301878	13.108,00	ICE-54 D08 HG	301896	14.068,00

## 2.3.4. Vàlvula d'expansió



### TE5-55: Válvulas de Expansión Termostática

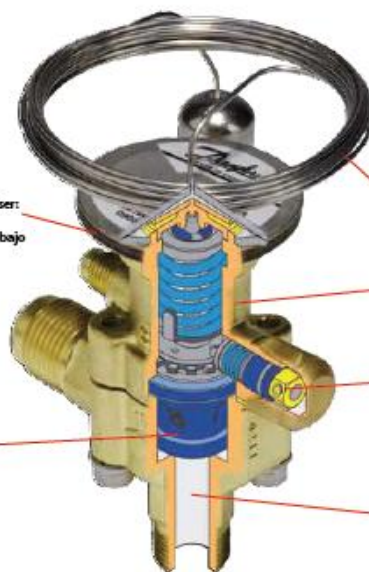
Las válvulas de expansión termostática TE5-55 regulan la inyección de líquido refrigerante en los evaporadores para instalaciones de tamaño mediano (capacidades nominales de 19 a 356 kW para R22). La inyección se controla mediante el sobrecalentamiento del refrigerante. Por lo tanto, las válvulas resultan especialmente idóneas para la inyección de líquido en evaporadores «secos» en los que el recalentamiento en la salida del evaporador es proporcional a la carga del evaporador.

#### Características

Elemento de acero inoxidable soldado con láser:

- Mayor vida útil del diafragma
- Alta tolerancia a la presión y presión de trabajo
- Alta resistencia a la corrosión

Para garantizar una vida útil larga, el cono y el asiento de la válvula están hechos de una aleación especial con cualidades especialmente buenas frente al desgaste.



Bulbo y tubo capilar de acero inoxidable:

- Alta resistencia a la corrosión
- Alta solidez y resistencia a las vibraciones

Gran programa de piezas que garantiza unas existencias mínimas

Ajuste sencillo del recalentamiento

Más posibilidades de conexión:

- Soldadura x soldadura
- Abocardar x abocardada
- Bricas
- Recta o en ángulo

Aplicaciones	Ventajas	Datos técnicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refrigeración tradicional</li> <li>- Unidades de aire acondicionado</li> <li>- Máquinas de cubitos de hielo</li> <li>- Enfriadores de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conjunto de orificio intercambiable diseñado para:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Montaje e instalación sencillos</li> <li>- Correspondencia de la capacidad optimizada</li> <li>- Cuerpo equilibrado (solamente TE55)</li> </ul> </li> <li>- Rango de temperatura amplio: -60 a +10 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponible con MOP (presión de trabajo máxima) Protege el motor del compresor frente a una presión de evaporación excesiva.</li> <li>- Refrigerantes: R134a, R404A/R507, R407C y R22</li> <li>- Presión de trabajo máxima: 28 bar</li> </ul>

## Conjunto del Orificio

## R134a

Tipo de Válvula	Capacidad nominal Rango N: de -40 a 10 °C kW <sup>1)</sup>	Nº de Orificio	Nº de Código <sup>2)</sup>
TEN 5-2.0	7.0	0.5	067B2788
TEN 5-3.5	12.0	1	067B2789
TEN 5-5.0	16.9	2	067B2790
TEN 5-6.0	21.7	3	067B2791
TEN 5-8.5	29.0	4	067B2792
TEN 12-11	39.0	5	067B2708
TEN 12-13.5	47.5	6	067B2709
TEN 12-16	55.8	7	067B2710
TEN 20-20	69.5	8	067B2771
TEN 20-22.5	78.4	9	067B2773
TEN 55-29.5	102.8	10	067G2701
TEN 55-35.5	124.7	11	067G2704
TEN 55-44	154.7	12	067G2707
TEN 55-54.5	190.8	13	067G2710

## Datos técnicos y pedidos: TE5-55

Elemento termostático, sin orificio ni filtro, con abrazadera para bulbo

R22, R134a, R404A/R507, R407C

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión	Tubo calipar	N.º de código <sup>2)</sup>					
				Rango N de -40 a +10 °C		Rango NM de -40 a -5 °C	Rango NL de -40 a -15 °C	Rango B de -60 a -25 °C	
				Sin MOP	MOP +15 °C	MOP 0 °C	MOP -10 °C	Sin MOP	MOP -20 °C
R22	TEX 5	Ext. <sup>4)</sup>	3	067B3250	067B3267	067B3249	067B3253	067B3263	067B3251
	TEX 12	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3210	067B3227	067B3207	067B3213		067B3211
	TEX 12	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3209					067B3212
	TEX 20	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3274	067B3286	067B3273	067B3275		067B3276
	TEX 20	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3290					067B3287
	TEX 55	Ext. <sup>5)</sup>	3	067G3205	067G3220	067G3206			067G3207
R134a	TEX 55	Ext. <sup>5)</sup>	5	067G3209					067G3217
	TEN 5	Ext. <sup>4)</sup>	3	067B3297	067B3298	067B3360			
	TEN 12	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3232	067B3233				
	TEN 12	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3363					
	TEN 20	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3292	067B3293				
	TEN 20	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3370					
R404A / R507	TEN 55	Ext. <sup>5)</sup>	3	067G3222	067G3223				
	TEN 55	Ext. <sup>5)</sup>	5	067G3230					
	TES 5	Ext. <sup>4)</sup>	3	067B3342		067B3357	067B3358	067B3344	067B3343
	TES 12	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3347		067B3345	067B3348		067B3349
	TES 12	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3346					067B3350
	TES 20	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3352		067B3351	067B3353		067B3354
R407C	TES 20	Ext. <sup>5)</sup>	5	067B3356					067B3355
	TES 55	Ext. <sup>5)</sup>	3	067G3302		067G3303	067G3304		067G3305
	TES 55	Ext. <sup>5)</sup>	5	067G3301					067G3306
	TEZ 5	Ext. <sup>4)</sup>	3	067B3278	067B3277				
	TEZ 12	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3366	067B3367				
	TEZ 20	Ext. <sup>5)</sup>	3	067B3371	067B3372				
	TEZ 55	Ext. <sup>5)</sup>	3	067G3240	067G3241				



**Cuerpo de la válvula**

Tipo	Conexión Entrada x salida		N.º de código <sup>2)</sup>			
	In. (pulg.)	mm	Paso en ángul o, abocardar	Paso en ángul o, soldar	Paso recto, soldar	Soldar bridas
TE 5	½ x 5/8 ½ x 7/8 5/8 x 7/8 7/8 x 1 1/8		067B401 3	067B4009 <sup>7)</sup> 067B4010 <sup>7)</sup> 067B4011 <sup>7)</sup> 067B4034 <sup>8)</sup>	067B4007 <sup>7)</sup> 067B4008 <sup>7)</sup> 067B4032 <sup>7)</sup> 067B4033 <sup>8)</sup>	
TE 5		12 x 16 12 x 22 16 x 22 22 x 28	067B401 3	067B4004 <sup>7)</sup> 067B4005 <sup>7)</sup> 067B4012 <sup>7)</sup> 067B4037 <sup>8)</sup>	067B4002 <sup>7)</sup> 067B4003 <sup>7)</sup> 067B4035 <sup>7)</sup> 067B4036 <sup>8)</sup>	
TE 12	5/8 x 7/8 7/8 x 1 7/8 x 1 1/8			067B4023 <sup>8)</sup>	067B4021 <sup>8)</sup>	067B4025 <sup>7)</sup> 067B4026 <sup>7)</sup>
TE 12		16 x 22 22 x 25 22 x 28		067B4017 <sup>8)</sup>	067B4016 <sup>8)</sup>	067B4027 <sup>7)</sup> 067B4015 <sup>7)</sup>
TE 20	7/8 x 1 1/8	22 x 28		067B4023 <sup>8)</sup> 067B4017 <sup>8)</sup>	067B4021 <sup>8)</sup> 067B4016 <sup>8)</sup>	
TE 55	1 1/8 x 13/8	28 x 35		067G4004 <sup>9)</sup> 067G4002 <sup>9)</sup>	067G4003 <sup>9)</sup> 067G4001 <sup>9)</sup>	

<sup>4)</sup> Previa petición, Danfoss puede suministrar conexión de igualación de presión con conector soldar cobre.

<sup>5)</sup> Accesorio: adaptador de soldar cobre para TE 12, TE 20 y TE 55. N.º de código **068B0170**.

<sup>6)</sup> Combinación sugerida del orificio / cuerpo de la válvula

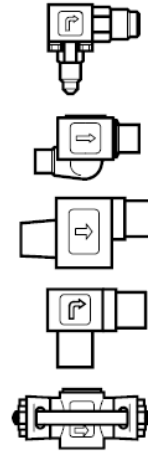
<sup>7)</sup> ODF x ODF

<sup>8)</sup> ODF x ODM

<sup>9)</sup> ODM x ODM

ODF = diámetro interno

ODM = diámetro externo



## 2.3.5. Aïllament

### 2.3.5.1. Pareds i sostre



#### El sistema de unión más rápido y eficaz

El sistema de unión **Instaclack**<sup>®</sup> (que da nombre al panel), es único por su concepción y diseño. Perfectamente integrado en el panel, le confiere una simplicidad de montaje y desmontaje inigualable por cualquier otro sistema, siendo posible unir y separar los paneles tantas veces como sea preciso, sin que le afecte el paso del tiempo. Al no contener ninguna pieza metálica, no se oxida.

El perfil machihembrado proporciona una hermeticidad absoluta y al mismo tiempo una gran robustez a todo el conjunto. El propio sistema de unión exige una precisión total lo que se traduce en unas juntas perfectas exentas de separaciones o huecos en los que pueda depositarse la suciedad.

Todo el sistema viene prefabricado y listo para montar por lo que en ningún caso es necesario el empleo de siliconas o inyección de poliuretano "in-situ". La continuidad del aislamiento está garantizada. Una simple herramienta es suficiente para conseguir una instalación rápida y sin esfuerzo. También es posible emplear máquinas

eléctricas con embrague para realizar el apriete, con el consiguiente ahorro de tiempo (entre un 60% y un 70% frente a otros sistemas convencionales).

Esta simplicidad, rapidez y fiabilidad permiten realizar las instalaciones en muy poco tiempo y sin esfuerzos suplementarios, con una calidad de acabados y de trabajo al más alto nivel.

El sistema de unión **Instaclack**<sup>®</sup> se basa en el machihembrado (doble machihembrado en el panel de 155 y 200 mm), por lo que un módulo siempre entra dentro del siguiente. La continuidad es perfecta. La clave es un simple dispositivo formado por 4 elementos: una bala, un muelle, una rosca y un macho o positivo autocentrante.

El lado positivo puede montarse y desmontarse siempre, gracias a la función de pivote que realiza la bala junto con el muelle. En el instante que se aprieta la rosca, el efecto del muelle se anula y el positivo queda prisionero dentro de la caja negativa. Liberando el muelle es posible volver a desmontar. Simple, rápido y eficaz.

La distribución de los puntos de unión (sistema **Instaclack**<sup>®</sup>) por todo el conjunto se ha estudiado con todo

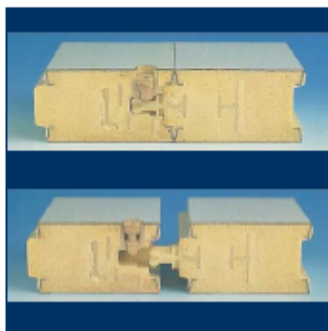


detalle para proporcionar la rigidez necesaria. Todos los paneles **Instaclack**<sup>®</sup> están convenientemente codificados por lo que su colocación y ubicación se realiza fácil y rápidamente.

El diseño tan especial del sistema le confiere utilidades que no pueden encontrarse en otros sistemas de unión. Por ejemplo, cuando es necesario por las dimensiones del panel, el sistema de sujeción del techo puede realizarse mediante cables tensores desde la estructura de la propia nave, o mediante estructuras o semiestructuras en función del tamaño del recinto. El aislamiento es continuo y no requiere (por norma general) ningún taladro en los techos, por lo que no se producen transmisiones innecesarias y estéticamente es impecable. También es posible emplear las propias estanterías como estructura, si están preparadas para ello. Para las sujeciones de los techos, el peso estimado que debe soportar la estructura es de 30 kg/m<sup>2</sup>. En cualquier caso, la propiedad o la Dirección Técnica deben verificar y autorizar el uso de la misma (si se trata de la estructura de la nave).

Por supuesto, el sistema **Instaclack**<sup>®</sup> permite que los recintos puedan ser ampliados, trasladados y modificados sin ningún tipo de problemas.

Optar por la calidad nunca es un gasto y el tiempo es dinero. Por ello el sistema **Instaclack**<sup>®</sup> es el más rentable.





## Cámaras InstaClack - Modulaciones Standard según espesor

### ESPESOR 70 mm MEDIDAS DEL ANCHO DE CÁMARA (EXTERIOR)

880	1260	1640	2020	2400	2780	3160	3540	3920	4300	4680	5060	5440	5820
6200	6580	6960	7340	7720	8100	8480	8860	9240	9620	10000	10380	10760	11140
11520	11900	12280	12660	13040	13420	13800	14180	14560	14940	15320	15700	16080	16460
16840	17220	17600	17980	18360	18740	19120	19500	19880	20260	20640	21020	21400	21780
22160	22540	22920	23300	23680	24060	24440	24820	25200	25580	25960	26340	26720	27100
27480	27860	28240	28620	29000	29380	29760	30140	30520	30900	31280	31660	32040	32420
32800	33180	33560	33940	34320	34700	35080	35460	35840	36220	36600	36980	37360	37740
38120	38500	38880	39260	39640	40020	40400	40780	41160	41540	41920	+380...		

#### ALTURA EXTERIOR CON SUELO (Hasta 12710 en un solo panel)

2070 2450 2830 3210 3590 3970 4350 4730 5110 5490 5870 + 380 ...

#### ALTURA EXTERIOR SIN SUELO (Hasta 12610 en un solo panel)

1970 2350 2730 3110 3490 3870 4250 4630 5010 5390 5770 + 380 ...

### ESPESOR 100 mm MEDIDAS DEL ANCHO DE CÁMARA (EXTERIOR)

940	1320	1700	2080	2460	2840	3220	3600	3980	4360	4740	5120	5500	5880
6260	6640	7020	7400	7780	8160	8540	8920	9300	9680	10060	10440	10820	11200
11580	11960	12340	12720	13100	13480	13860	14240	14620	15000	15380	15760	16140	16520
16900	17280	17660	18040	18420	18800	19180	19560	19940	20320	20700	21080	21460	21840
22220	22600	22980	23360	23740	24120	24500	24880	25260	25640	26020	26400	26780	27160
27540	27920	28300	28680	29060	29440	29820	30200	30580	30960	31340	31720	32100	32480
32860	33240	33620	34000	34380	34760	35140	35520	35900	36280	36660	37040	37420	37800
38180	38560	38940	39320	39700	40080	40460	40840	41220	41600	41980	+380...		

#### ALTURA EXTERIOR CON SUELO (Hasta 12740 en un solo panel)

2100 2480 2860 3240 3620 4000 4380 4760 5140 5520 5900 + 380 ...

#### ALTURA EXTERIOR SIN SUELO (Hasta 12640 en un solo panel)

2000 2380 2760 3140 3520 3900 4280 4660 5040 5420 5800 + 380 ...

### ESPESOR 155 mm MEDIDAS DEL ANCHO DE CÁMARA (EXTERIOR)

1050	1430	1810	2190	2570	2950	3330	3710	4090	4470	4850	5230	5610	5990
6370	6750	7130	7510	7890	8270	8650	9030	9410	9790	10170	10550	10930	11310
11690	12070	12450	12830	13210	13590	13970	14350	14730	15110	15490	15870	16250	16630
17010	17390	17770	18150	18530	18910	19290	19670	20050	20430	20810	21190	21570	21950
22330	22710	23090	23470	23850	24230	24610	24990	25370	25750	26130	26510	26890	27270
27650	28030	28410	28790	29170	29550	29930	30310	30690	31070	31450	31830	32210	32590
32970	33350	33730	34110	34490	34870	35250	35630	36010	36390	36770	37150	37530	37910
38290	38670	39050	39430	39810	40190	40570	40950	41330	41710	42090	42470	42850	43230
43610	43990	44370	44750	45130	45510	45890	46270	46650	47030	47410	+380...		

#### ALTURA EXTERIOR CON SUELO (Hasta 12795 en un solo panel)

2155 2535 2915 3295 3675 4055 4435 4815 5195 5575 5955 + 380 ...

#### ALTURA EXTERIOR SIN SUELO (Hasta 12795 en un solo panel)

2155 2535 2915 3295 3675 4055 4435 4815 5195 5575 5955 + 380 ...

### ESPESORES 40 Y 200: MEDIDAS A DETERMINAR SEGÚN NECESIDADES EN MÓDULOS DE 930 mm y 1.140 mm RESPECTIVAMENTE

ANCHO PANEL MM				
espesor mm	380	760	930	1140
40	-	-	☺	-
70	☺	☺	☺	☺
100	☺	☺	☺	☺
155	☺	☺	-	☺
200	-	-	-	☺

## Características técnicas de los paneles InstaClack



### Láminas exteriores de acero:

Chapas de acero según el procedimiento "Sendzimir". Galvanizado en continuo por inmersión en baño de zinc fundido con un recubrimiento de 275 gr/m<sup>2</sup> (25 micras). Prelacado mediante una capa de 5 micras de resinas epoxi con constituyentes de la familia de los cromatos (inhibidores de la corrosión). Película de 20 a 25 micras de laca seca. Espesor de 0,5 mm (mayores grosores en pedidos con cantidades mínimas). Color estándar Blanco Pirineo 1006 Alimentario, Nervado o liso indistintamente.

Recubrimiento con film protector de polietileno.


### OPCIONAL:

- Chapa de acero inoxidable (AISI 304 18/8)
- Recubrimiento de cloruro de polivinilo (PVC)
- Espesor 0,6 mm 0,8 mm
- Alta durabilidad (1000 horas, resistencia niebla salina)
- Colores: silver metalizado, crema, etc. (mínimo 500 m<sup>2</sup>)

### Aislamiento:

Los paneles sandwich InstaClack<sup>®</sup> están formados por dos chapas de acero, cuyas aristas están totalmente perfiladas y protegidas contra la oxidación, y un alma de espuma de poliuretano inyectado a alta presión con una densidad media de 42-44 kg/m<sup>3</sup>. Esta espuma contiene millones de microceldas uniformes de pequeño tamaño. Se obtiene con ello un coeficiente de transmisión bajo, sensiblemente inferior a cualquier otro material. Los paneles poseen un peso relativamente bajo y una gran estabilidad dimensional, lo cual les confiere grandes cualidades constructivas. Pueden fabricarse paneles de hasta 13 mts. de longitud en una sola pieza. El rango de trabajo se sitúa entre los -40°C hasta los +70°C. Teniendo en cuenta los diferentes usos y diversos factores de cada instalación, a estudiar en cada caso, se recomienda utilizar un espesor determinado. A pie de página, en el apartado "RANGO DE TRABAJO RECOMENDADO" se reproducen datos orientativos.

Los paneles InstaClack<sup>®</sup> no envejecen con el paso del tiempo y el coeficiente de transmisión térmica se mantiene prácticamente constante. El poliuretano está inyectado con formulaciones totalmente libres de CFC cumpliendo con la normativa vigente. La tecnología aplicada en su fabricación garantiza el ahorro energético,

Los paneles InstaClack<sup>®</sup> cumplen con las NORMAS DE PRODUCTO UNE 41.950, que otorga el uso de la marca , lo cual significa que el fabricante está obligado a realizar una serie de ensayos, pruebas y auditorías periódicas en laboratorios y organismos oficiales acreditados, con lo que el comprador/usuario del producto queda exento de esta responsabilidad.

La clasificación en prueba de reacción al fuego es M2, de acuerdo con la norma UNE 23.727-90.

### Suelo reforzado:

Indicado para el tránsito de carretillas manuales (no transpaletas). Es antideslizante, su envejecimiento es nulo y tiene una alta resistencia a la compresión. La resistencia al peso dinámico es de 400 kg distribuidos entre 4 puntos de rodadura con una superficie de contacto mínima de 4 cm<sup>2</sup> por cada uno de ellos (esto incluye el peso de la carretilla y el género). La resistencia al peso estático es de 8.000 kg/m<sup>2</sup> uniformemente distribuidos. La cara interior del panel está fabricada con un contrachapado de 7 láminas, de 9,3 mm de espesor y una película fenólica de 240 g/m<sup>2</sup> en la última capa. Su coeficiente de resistencia a la abrasión (Taber Abraser) es de 1.100.

### ESPESOR RECOMENDADO SEGÚN RANGO DE TRABAJO (ORIENTATIVO)

espesor = e	k*	●**	peso panel	<500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup> < R < 1000 m <sup>2</sup>	>1000 m <sup>2</sup>
	Kcal/mh°C	Kcal/mh°C				
40	0,52	0,021	12 Kg/m <sup>2</sup>	5°C < R < 20°C	5°C < R < 20°C	5°C < R < 20°C
70	0,30	0,021	14 Kg/m <sup>2</sup>	0°C < R < 5°C	0°C < R < 5°C	0°C < R < 5°C
100	0,21	0,021	15 Kg/m <sup>2</sup>	-20°C < R < 0°C	recomendado 150 mm.	Si el panel va al exterior, se recomienda 150 mm.
155	0,13	0,021	17 Kg/m <sup>2</sup>	-40°C < R < -20°C	recomendado 200 mm.	Si el panel va al exterior, se recomienda 200 mm.
200	0,10	0,021	19 Kg/m <sup>2</sup>		-40°C < R < -20°C	

k\* coeficiente de transmisión - coeficiente de conductividad / e  
●\*\* coeficiente de conductividad



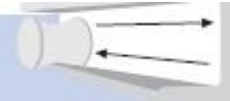
## 2.3.5.2. Porta

### RELACIÓN LUCES DE PUERTAS STANDARD (con o sin marco Instaclack)

		ESPESOR PANEL			
		70 mm REFRIGERACIÓN	100 mm REFRIGERACIÓN	100 mm CONGELACIÓN	155/200 mm CONGELACIÓN
CORREDERAS	PUERTA CORREDERA SERIE 2000	SERIE 2000 (hoja 60 mm)	SERIE 2000 (hoja 90 mm)	SERIE 2000 (hoja 120 mm)	SERIE 2000 (hoja 120 mm)
		1,85 x 0,80	1,85 x 0,80	1,85 x 0,80	1,85 x 0,80
		1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	1,85 x 0,95
		1,85 x 1,20	1,85 x 1,20	1,85 x 1,20	1,85 x 1,20
		2,10 x 0,95	2,10 x 0,95	2,10 x 0,95	2,10 x 0,95
		2,10 x 1,20	2,10 x 1,20	2,10 x 1,20	2,10 x 1,20
	PUERTA CORREDERA TIPO M4P	SERIE 2004 (hoja 60 mm)	SERIE 2004 (hoja 90 mm)	SERIE 2004 (hoja 120 mm)	SERIE 2004 (hoja 120 mm)
		2,30 x 1,30	2,30 x 1,30	2,30 x 1,30	2,30 x 1,30
		2,50 x 1,30	2,50 x 1,30	2,50 x 1,30	2,50 x 1,30
		2,50 x 1,65	2,50 x 1,65	2,50 x 1,65	2,50 x 1,65
PIVOTANTES	PUERTA CORREDERA TIPO TCA	TC-4 (hoja 90 mm)	TC-4 (hoja 90 mm)	TC-4 (hoja 90 mm)	
		1,85 x 0,85	1,85 x 0,85	1,85 x 0,85	
		1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	
		2,10 x 0,95	2,10 x 0,95	2,10 x 0,95	
		1,85 x 1,20	1,85 x 1,20	1,85 x 1,20	
		2,20 x 1,20	2,20 x 1,20	2,20 x 1,20	
	PUERTA PIVOTANTE SEMICAJADA	SERIE K (semicajada 75 mm)	SERIE K (semicajada 75 mm)	SERIE K (semicajada 75 mm)	
		1,85 x 0,59	1,85 x 0,59	1,85 x 0,59	
		1,85 x 0,80	1,85 x 0,80	1,85 x 0,80	
		1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	1,85 x 0,95	
PIVOTANTES	PUERTA PIVOTANTE SOBREPUESTA	SOBREPUESTA (hoja 60 mm)	SOBREPUESTA (hoja 90 mm)	SOBREPUESTA (hoja 90 mm)	SOBREPUESTA (hoja 120 mm)
		2,10 x 1,20	2,10 x 1,20	2,10 x 1,20	1,85 x 0,80
		2,28 x 1,20	2,28 x 1,20	2,28 x 1,20	1,85 x 0,95
		2,28 x 1,30	2,28 x 1,30	2,28 x 1,30	1,85 x 1,20
		2,50 x 1,30	2,50 x 1,30	2,50 x 1,30	2,10 x 0,95
		2,50 x 1,50	2,50 x 1,50	2,50 x 1,50	2,10 x 1,20
					2,28 x 1,20
					2,28 x 1,30
					2,50 x 1,30
					2,50 x 1,50

VENTANILLOS ESTÁNDAR: 0,60 X 0,60 mts, 0 MEDIDAS ESPECIALES

## PUERTAS CORREDERAS



### CORREDERA M4P

#### ÁMBITO DE TRABAJO

- Refrigeración (0 a 12/15°C)
- Congelación(hasta -25°C)

#### OPCIONES

- Acabado PVC
- Acabado Inoxidable
- Acabado Inox. Adamascado
- Tiradores Inoxidables
- Barra Protección

- Cerradura
- Soporte Candado
- Automatismo Eléctrico

ESPESOR HOJA  
60/90/120 mm

#### MEDIDAS MÁXIMAS DE LUZ

- Ancho 2000 mm
- Alto 3000 mm



### CORREDERA M3P

#### ÁMBITO DE TRABAJO

- Refrigeración (0 a 12/15°C)
- Congelación(hasta -40°C)

#### OPCIONES

- Acabado PVC
- Acabado Inoxidable
- Acabado Inox. Adamascado
- Herrajes Inox.total
- Barra Protección
- Cerradura

- Soporte Candado
- Automatismo Eléctrico
- Atmósfera Controlada

ESPESOR HOJA  
60/90/120/160 mm

#### MEDIDAS MÁXIMAS DE LUZ

- Ancho 2500 mm
- Alto 3000 mm

- Travesaño inferior marco forrado con chapa de acero inoxidable 18/8 en puertas con marco Instaclack
- Perfil UPN 60 de hierro laminado en frío y galvanizado (en puertas de congelación doble perfil UPN)

Perfil de reglaje de aluminio de 60 x 40 x 20 mm (en puertas de congelación Instaclack)

**RECALENTADO:** Solo en congelación. Resistencia eléctrica tipo paralelo 30 W/m con malla metálica a 220 V en marcos Instaclack 40 W/m sin malla metálica a 220 V en marcos de aluminio

**CONSTRUCCIÓN HOJA:** Cubeta interior y exterior en chapa, unidas por un perfil rígido de PVC. Refuerzo interior en acero galvanizado. Refuerzos y ángulos en acero

Acabado exterior y interior en chapa lacada blanca de 0,8 mm de espesor

Aislamiento de poliuretano inyectado densidad 50 kg/m<sup>3</sup>

Guía inferior en acero inox. AISI 304

Apertura manual. Posibilidad de automatización

**BURLETE:** Un perfil (Refrigeración) y doble perfil (Congelación) de estanqueidad en caucho de neopreno con epidermis fortalecida e impermeable montada sobre perfil rígido de PVC

**RAIL:** Sistema de riel patentado en aluminio extrusionado acabado natural

**RODAMIENTOS:** A bolas montados sobre poleas en poliamida inyectados y fabricados especialmente para nuestro sistema

**RECALENTADO:** Solo en congelación. Resistencia eléctrica tipo paralelo 40 W/m - (65 W/m en túneles) sin malla metálica en marcos de aluminio

**MARCO DEFINITIVO:** En aluminio blanco. El doble perfil de poliamida rompe el puente térmico. El marco se fija mediante varillas de acero inoxidable

**CONSTRUCCIÓN HOJA:** Con paneles intercambiables

Acabado exterior y interior en chapa lacada blanca de 0,8 mm de espesor

Aislamiento de poliuretano inyectado densidad 50 kg/m<sup>3</sup>

Cantonerías: Protecciones laterales de acero inox. AISI 304 de 2 mm

Guía inferior mediante perfil en aluminio lacado natural

Apertura manual. Posibilidad de automatización

**BURLETE:** Perfil de estanqueidad EPDM compacto montado a presión sobre un soporte en PVC rígido (doble perfil en puertas de congelación)

**RAIL:** con caída a 45°. Soporte de rail en perfil de acero inoxidable de 3 mm. Rail inoxidable. Rodamientos en poliamida de 60 mm de diámetro. Con rodamientos de bolas. Cabezales y soporte rodamientos en acero inoxidable



Todas las partes metálicas están plastificadas



1 tirador interior/exterior



Tornillería en acero inoxidable

### 2.3.5.3. Aïllament de la canonada d'aspiració



Provença, 392 pl. 1 y 2  
08025 BARCELONA  
Tel. 93 446 27 80  
Fax 93 456 90 32

#### TARIFA DE PRECIOS

I.V.A. NO INCLUIDO. CONSULTE POSIBLES ACTUALIZACIONES

## 01 AISLAMIENTO PARA FORRAR

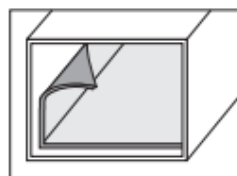
### • Aislamiento de espuma de polietileno reticulado

#### Características técnicas:

- Coeficiente de conductividad térmica: 0,039 W/m.K a 0°C - 0,040 W/m.k a 20°C
- Temperatura de empleo: -40 a 90° C
- Transmisión del vapor de agua: 33 g/m² s
- Densidad: 33 kg/m³
- Clasificación al fuego (adherido sobre soporte metálico interior de conducto): M1 Norma UNE 23727
- Euroclase: Bs1, D0



Forrado: Depósitos  
Tubos, etc.



Forrado interior: Conductos  
Tubos circulares, etc.

Código	Artículo	€/m²
<b>ROLLOS</b>		
• 50 metros x 1,5 m (75 m²)		
AI 01 911	Espesor 5 mm UNE 23727 - M1 sobre chapa	3,33
AI 01 912	Espesor 10 mm UNE 23727 - M1 sobre chapa	6,48
* Suministro SÓLO rollo completo		
<b>ROLLOS AUTOADHESIVOS</b>		
• Color gris		
• 50 metros x 1,5 m (75 m²)		
AI 01 930	Espesor 5 mm UNE 23727 - M1 sobre chapa	6,73
AI 01 931	Espesor 10 mm UNE 23727 - M1 sobre chapa	9,90
<b>PLANCHAS</b>		
• 1,5 metros x 2 m (3 m²)		
AI 01 913	Espesor 15 mm AUTOEXTINGUIBLE	34,90
AI 01 914	Espesor 20 mm AUTOEXTINGUIBLE	44,49

### • Aislamiento de espuma elastomérica negra autoadhesiva

#### Características técnicas:

- Coeficiente de conductividad térmica: 0,038 W/m.k a 20°C
- Temperatura de empleo: -40°C a +85°C
- Factor: M > 5000
- Color: negro
- Ancho: 1500 mm

## DUCT



SUMINISTRO  
ROLLO  
COMPLETO



#### Aplicación:

- Exterior de conductos
- Interior máquinas
- Acumuladores
- Etc...

Código	Artículo	m²/rollo	€/m²
<b>ROLLO AUTOADHESIVO "M1"</b>			
AI 01 721	Espesor 6 mm (1,5 x 30)	45	13,80
AI 01 722	Espesor 8 mm (1,5 x 25)	37,5	18,29
AI 01 723	Espesor 10 mm (1,5 x 20)	30	18,66
AI 01 724	Espesor 12 mm (1,5 x 15)	22,5	23,68
AI 01 725	Espesor 15 mm (1,5 x 12)	18	27,90
AI 01 726	Espesor 20 mm (1,5 x 10)	15	29,50
AI 01 727	Espesor 30 mm (1,5 x 6)	9	40,11
• Para forrado interno de conductos de chapa			
<b>ROLLO AUTOADHESIVO "M1" CON ALUMINIO EXTERIOR</b>			
AI 01 731	Espesor 6 mm (1,5 x 30)	45	26,29
AI 01 732	Espesor 8 mm (1,5 x 25)	37,5	29,69
AI 01 733	Espesor 10 mm (1,5 x 20)	30	32,25
AI 01 734	Espesor 12 mm (1,5 x 15)	22,5	36,22
AI 01 735	Espesor 15 mm (1,5 x 12)	18	40,82
AI 01 736	Espesor 20 mm (1,5 x 10)	15	47,19
AI 01 737	Espesor 30 mm (1,5 x 6)	9	62,41
• Para forrado externo de conductos de chapa			
• Protección externa con aluminio 80 micras			

## 2.3.6. Visor

### 2.3.6.1. Visor de líquid



Indicadores de líquido y humedad



#### Indicadores de líquido y humedad CASTEL

D1-04-240

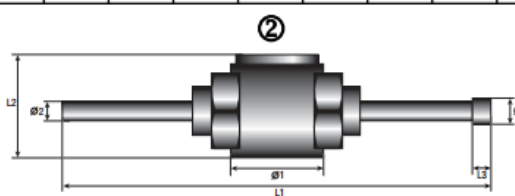
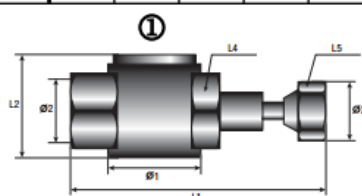


Conexión	Modelo	Código	€
<b>Conexión especial macho-macho</b>			
1/4"-R	3910/22	404219	10,00
3/8"-R	3910/33	404220	10,60
1/2"-R	3910/44	404221	11,60
5/8"-R	3910/55	404222	14,80
3/4"-R	3910/66	404223	20,10
<b>Conexión especial hembra-macho</b>			
1/4"-HM	3950/22	404224	11,40
3/8"-HM	3950/33	404225	11,80
1/2"-HM	3950/44	404226	13,30
5/8"-HM	3950/55	404227	16,90
3/4"-HM	3950/66	404228	36,20
<b>Conexión Soldar con tubo de cobre*</b>			
1/4"-S	3940/2	404229	15,70
3/8"-S	3940/3	404230	16,70
1/2"-S	3940/4	404231	17,70
5/8"-S	3940/5	404232	19,10
3/4"-S	3940/6	404233	23,80
7/8"-S	3940/7	404234	27,40
1 1/8"-S	3940/9	404235	34,40
<b>Conexión Soldar con tubo de cobre</b>			
1 3/8"-S IDS-M	3770/11	404236	33,90
1 5/8"-S IDS-M	3770/13	404237	38,10
<b>Conexión directa a tubo</b>			
5/8"	3780/5	404238	12,90
7/8"	3780/7	404239	12,40
1 1/8"	3780/9	404240	13,20
1 3/8"	3780/11	404241	15,40

### 2.3.6.2. Visor d'oli

#### ■ Características técnicas

Referencias CARLY	Racores						Nº de plano	Dimensiones						Peso neto (kg)
	Por roscar SAE pulgada	Por soldar ODM pulgada	mm	Por roscar SAE pulgada	Por soldar ODF pulgada	mm		Ø1	L1	L2	L3	L4 sobre planos	L5 sobre planos	
HCVYP 43	3/8			3/8			1	32	92	29,6	/	20	22	0,2
HCVYP 53 S		3/8			3/8		2	26	119	26,5	10	/	/	0,1
HCVYP 53 MMS			10			10	2	26	119	26,5	10	/	/	0,1





## 2.3.7. Filtre mecànic d'aspiració



Filtros protección aspiración. Cartuchos filtros de impurezas



Filtros desmontables CASTEL. Conexión cobre

D1-04-230



Capacidad	Conexiones	Modelo	Código	€*
1 cartucho Ø 87	7/8"	4411/7C	404149	77,10
1 cartucho Ø 87	1 1/8"	4411/9C	404150	80,00
1 cartucho Ø 87	1 3/8"	4411/11C	404151	79,50
1 cartucho Ø 87	1 5/8"	4411/13C	404152	79,50
1 cartucho Ø 87	2 1/8"	4411/17C	404153	82,60
1 cartucho Ø 87	2 5/8"	4411/21C	404154	95,10

\* Precio sin cartucho.

## 2.3.8. Filtre deshidratador

Capítulo 3

Filtros Deshidratadores



Filtros Deshidratadores de Núcleo Sólido

Capacidades Recomendadas (KW)				Volumen Desecante cm³	Conexiones		MODELO	CÓDIGO	Precio EUROS
R-134a	R-407C R-22	R-404A R-507A	R-410A		Roscar SAE M	Soldar ODF			
6,50	7,00	4,60	7,00	50	1/4"		4303/2	20516	7,16
8,00	8,60	8,50	8,60			1/4"	4303/2S	20528	
6,70	7,20	4,70	7,20	80	1/4"		4305/2	20555	7,28
8,20	8,90	5,80	9,00			1/4"	4305/2S	20557	
15,40	16,60	10,80	16,70		3/8"		4305/3	20556	7,71
19,40	21,00	13,70	21,20			3/8"	4305/3S	20558	
6,90	7,50	4,90	7,50	130	1/4"		4308/2	20517	8,53
8,50	9,20	6,00	9,30			1/4"	4308/2S	20529	
18,00	19,50	12,70	19,60		3/8"		4308/3	20518	
22,80	24,70	16,10	24,80			3/8"	4308/3S	20530	
24,00	25,90	16,90	26,00		1/2"		4308/4	20519	9,27
29,00	31,30	20,40	31,40			1/2"	4308/4S	20531	
19,70	21,30	13,90	21,40	250	3/8"		4316/3	20521	11,40
24,60	26,60	17,30	26,70			3/8"	4316/3S	20533	
28,20	30,50	19,90	30,60		1/2"		4316/4	20522	12,00
34,10	36,90	24,00	37,00			1/2"	4316/4S	20534	
37,60	40,60	26,40	40,80		5/8"		4316/5	20523	14,00
45,00	48,70	31,70	48,90			5/8"	4316/5S	20535	
33,60	36,30	23,60	36,40	500	1/2"		4332/4	20524	24,70
39,90	43,10	28,10	43,00		5/8"		4332/5	20525	
48,20	52,10	33,90	52,30			5/8"	4332/5S	20536	25,50
40,90	44,20	28,80	44,40	670	5/8"		4341/5	20526	
49,50	53,50	34,80	53,70			5/8"	4341/5S	20538	28,00
67,20	72,60	47,30	73,00		3/4"		4341/6	20527	
						3/4"	4341/6S	20539	28,40
74,20	80,20	52,20	80,50			7/8"	4341/7S	20540	

- T° de condensación +30°C.
- T° de Evaporación por encima de -15°C.
- Caída de presión de 0,07 bar.
- Presión máxima de trabajo 42 bar.



## 2.3.9. Recipient de líquid

C  
152

Marcados CE timbre a 30 Kg/cm<sup>2</sup> de 19 a 252 dm<sup>3</sup> y a 32 Kg/cm<sup>2</sup> de 283 a 2264 dm<sup>3</sup>

C3-41-572



Dimensiones mm		Visor de líquido	Toma control líquido	Conexiones		Válvula seguridad	Cap dm <sup>3</sup>	Pot. Frigorífica (Wattios)		Modelo	Código	€
Ø	Alto			Entrada Codo (S)	Salida Válvula (S)			Media T° -5 °C	Baja T° -25 °C			
219	600	2	1/2" NPT	Rotalock 3/4"	Rotalock 5/8"	3/8" NPT	19	11000	7000	RLV-20	341031	360,00
219	900	2	1/2" NPT	Rotalock 1 1/8"	Rotalock 3/4"	3/8" NPT	30	19000	11000	RLV-30	341033	434,00
273	682	3	1/2" NPT	Rotalock 1 1/8"	Rotalock 3/4"	3/8" NPT	31	19630	11370	RLV-31	341030	434,00
219	1050	3	1/2" NPT	Rotalock 1 1/8"	Rotalock 7/8"	3/8" NPT	38	27000	16000	RLV-40	341034	467,00
323	698	3	1/2" NPT	Rotalock 1 1/8"	Rotalock 7/8"	3/8" NPT	45	30370	18000	RLV-45	341035	467,00
273	1130	3	1/2" NPT	Rotalock 1 3/8"	Rotalock 1 1/8"	3/8" NPT	57	42000	24000	RLV-60	341036	574,00
323	890	3	1/2" NPT	Rotalock 1 3/8"	Rotalock 1 1/8"	3/8" NPT	57	42000	24000	RLV-60/1	341037	574,00
273	1500	3	1/2" NPT	Rotalock 1 5/8"	Rotalock 1 3/8"	3/8" NPT	77	57000	35000	RLV-80	341038	694,00
323	1092	3	1/2" NPT	Rotalock 1 5/8"	Rotalock 1 3/8"	3/8" NPT	77	57000	35000	RLV-80/1	341039	694,00
406	1400	3	1/2" NPT	Pletina 2 1/8"	Pletina 1 5/8"	2x1/2" NPT	120	100000	60000	RLV-120	341040	1.301,00
406	1400	3	1/2" NPT	Pletina 2 1/8"	Pletina 1 5/8"	2x1/2" NPT	156	120000	70000	RLV-150	341042	1.475,00
406	1800	3	1/2" NPT	Pletina 2 5/8"	Pletina 2 1/8"	2x1/2" NPT	206	160000	100000	RLV-200	341043	1.634,00
457	1428	3	1/2" NPT	Pletina 2 5/8"	Pletina 2 1/8"	2x1/2" NPT	206	160000	100000	RLV-200	341044	1.634,00
406	2200	3	1/2" NPT	Pletina 3 1/8"	Pletina 2 5/8"	2x1/2" NPT	252	210000	120000	RLV-250	341045	2.059,00
508	1420	3	1/2" NPT	Pletina 3 1/8"	Pletina 2 5/8"	2x1/2" NPT	252	210000	120000	RLV-250/1	341046	2.059,00
400	2310	3	1/2" NPT	Pletina 3 1/8"	Pletina 2 5/8"	2 V	283	240000	140000	RLV-300	341051	2.553,00
500	1925	3	1/2" NPT	Pletina 3 1/8"	Pletina 3 1/8"	2 V	379	320000	190000	RLV-400	341052	3.514,00
500	2435	3	1/2" NPT	Pletina 4"	Pletina 3 1/8"	2 V	473	400000	240000	RLV-500	341054	4.233,00
600	2500	3	1/2" NPT	Pletina 5"	Pletina 4"	2 V	700	580000	340000	RLV-700	341056	6.340,00
700	2450	3	1/2" NPT	Pletina 5"	Pletina 5"	2 V	962	810000	470000	RLV-1000	341059	7.655,00

## 2.3.10. Separador d'oli

ESK  
Schultze  
Kältekomponenten

Separadores de aceite de muy alta eficiencia

CIII

ESK «Sistema coalescente»

C3-46-610

- Filtro coalescente de fibra de borosilicato. Eficiencia 99,997%.
- Captura contaminante sólidos de más de 0,3 mm y aerosoles en forma líquida de 0,001 mm.
- Separa aceite y limpia a la vez el sistema.
- Baja pérdida de carga.
- Filtro recambiable en modelos desmontables.



Capacidades máximas (Wattios) según T° de evaporación				Dimensiones mm		Conexión	Modelo	Código	€
R-134a		R-404A		Øx altura	Tipo				
-25 °C	+5 °C	-40 °C	+5 °C						
13700	23300	11900	36100	140x453	D	7/8"	BOS2-22F	346116	335,00
22900	39800	18300	61800	140x553*	D	1 1/8"	BOS2-35/28F	346118	600,00
35100	58200	29300	90300	140x553*	D	1 3/8"	BOS2-35F	346120	600,00
58100	102900	47600	173100	230x860*	D	1 5/8"	BOS2-54/42F	346122	1.101,00
85600	140900	65900	218700	230x860*	D	2 1/8"	BOS2-54F	346124	1.101,00
92340	191000	77600	296700	273x1222	D	2 5/8"	BOS2-80/67F	346126	2.406,00
119300	278600	105000	432600	273x1222	D	3 1/8"	BOS2-80F	346128	2.406,00



## 2.3.11. Manòmetres

Sin glicerina Ø 63 mm

E1-01-014



126-P

R-22, R-134a y R-404A

Descripción	Modelo	Código	€
Baja presión. Color azul, escala de vacío 30 pulg. y 76 cm Hg y de presión 120 libras/pulg. <sup>2</sup> (8,5 bar) con amortiguadores hasta 250 libras	125-P/2	514037	10,00
Alta presión. Color rojo escala de presión 0-500 libras/pulg. <sup>2</sup> (0-35 bar)	126-P/2	514038	10,00



R-22, R-407C y R-410A

Descripción	Modelo	Código	€
Baja presión. Color azul, escala de vacío 30 pulg. y 76 cm Hg y de presión 120 libras/pulg. <sup>2</sup> (8,5 bar) con amortiguadores hasta 250 libras	MPA-580/3	514035	10,00
Alta presión. Color rojo escala de presión 0-500 libras/pulg. <sup>2</sup> (0-35 bar)	MPA-330/3	514036	10,00

## 2.3.12. Quadre elèctric de maniobra

### PROMETAL Cuadros eléctricos línea metal

Cuadros eléctricos con unidades condensadoras trifásicas y evaporadores con ventiladores monofásicos y resistencias trifásicas



#### Características constructivas

- Envoltorio metálico de dimensiones según se indican, pintados al polvo texturado en gris RAL-7032-5 con PM.
- Seccionador general tetrapolar de corte en carga con mando frontal.
- Selector de tres posiciones diámetro 22mm para maniobra unidad condensadora (0-Paro, 1-Recogida gas, 2-Automático).
- Pilotos de señalización de estados y averías de la unidad condensadora, resto indicaciones del microprocesador.
- Síntico de vinilo con circuito frigorífico.
- Arrancador Directo con disyuntor magnetotérmico para unidad condensadora.
- Contactor tetrapolar para circuito de resistencias de desescarche (20 A en AC-1).
- Magnetotérmico unipolar + neutro general de maniobra.
- Bornas de conexión a elementos de campo en potencia y maniobra.
- Control de la instalación AKO.
- Numeración de elementos de potencia y maniobra.
- Planos eléctricos y documentación.
- Aparellaje marca Moeller.

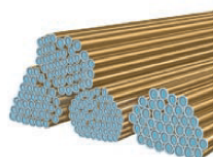


#### Maniobras con microprocesador de dos o tres relés según se indica

Modelo	Unidad condensadora	Evaporador		Control	Medidas	Familia	Envase
		Ventiladores 230V/I	Resistencias 400V/III				
AKO-17609	1 - 1,6 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17610	1,6 - 2,5 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17611	2,5 - 4 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17612	4 - 6,3 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17613	6,3 - 10 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17614	10 - 16 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17615	16 - 20 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17616	20 - 25 A	Si	No	AKO-14223	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17617	1 - 1,6 A	Si	Si	AKO-14323	300 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17618	1,6 - 2,5 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17619	2,5 - 4 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17620	4 - 6,3 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17621	6,3 - 10 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17622	10 - 16 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17623	16 - 20 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.
AKO-17624	20 - 25 A	Si	Si	AKO-14323	400 x 300 x 140	1550	1 Ud.

## 2.3.13. Canonades i accessoris

### 2.3.13.1. Canonades



Barras de 5 m

Grueso pared mm	Ø exterior en mm	Modelo	Código	€/m
0,80	9,52	TB-3/8"	203010	
0,80	12,70	TB-1/2"	203012	
0,80	15,87	TB-5/8"	203014	
1,00	19,06	TB-3/4"	203016	
1,00	22,23	TB-7/8"	203018	
1,00	25,40	TB-1"	203020	
1,00	28,57	TB-1-1/8"	203022	
1,25	34,92	TB-1-3/8"	203024	
1,25	41,27	TB-1-5/8"	203026	
1,25	53,97	TB-2-1/8"	203028	
1,65	66,67	TB-2-5/8"	203030	
1,65	79,37	TB-3-1/8"	203032	

Barras de 4 m

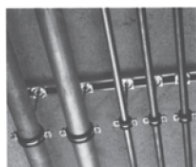
Grueso pared mm	Ø exterior en mm	Modelo	Código	€/m
2,50	92,08	TB-3-5/8"	203040	
2,50	104,78	TB-4-1/8"	203045	

\* Norma EN 12735-1

### 2.3.13.2. Abraçaderes per a canonades

#### Abrazadera con aislamiento EUROFIX M8/M10

B1-33-015



Ø mm min. - máx.	Cantidad caja	Ref. fabricante	Modelo	Código	€/caja
17 - 20	50	847 0900 018	ISO.F. M8/M10 18	232210	61,50
20 - 25	50	847 0900 022	ISO.F. M8/M10 22	232211	62,30
25 - 30	50	847 0900 028	ISO.F. M8/M10 28	232212	64,90
32 - 36	50	847 0900 035	ISO.F. M8/M10 35	232213	69,80
37 - 43	25	847 0900 040	ISO.F. M8/M10 40	232214	38,70
47 - 51	25	847 0900 048	ISO.F. M8/M10 48	232215	41,70
52 - 56	25	847 0900 054	ISO.F. M8/M10 54	232216	43,70
60 - 64	25	847 0900 060	ISO.F. M8/M10 60	232217	46,40
67 - 72	25	847 0900 070	ISO.F. M8/M10 70	232218	53,20
73 - 80	25	847 0900 075	ISO.F. M8/M10 75	232219	54,80
81 - 86	25	847 0900 083	ISO.F. M8/M10 83	232220	59,40
87 - 92	25	847 0900 090	ISO.F. M8/M10 90	232221	60,50
99 - 105	25	847 0900 100	ISO.F. M8/M10 100	232222	70,20
107 - 112	25	847 0900 110	ISO.F. M8/M10 110	232223	78,40
113 - 118	25	847 0900 115	ISO.F. M8/M10 115	232224	80,90

## 2.4. Detecció d'averies freqüents

### 2.4.1. Averies al compressor

Síntomes	Causes	Motius	Verificació	Solució
El compressor no gira	Fusible fos	Compressor, cablejat o connexions derivades	Comprovar cablejat, borns i resistència d'aïllament del compressor	Substituir l'element derivat
El compressor no gira	Fusible fos	Fusibles petits o amb mal contacte	Comprovar consum i escalfament dels fusibles	Substituir els fusibles
El compressor no gira	Fusible fos	Compressor agarrotat	Canviar fusibles i comprovar consum	Substituir el compressor
El compressor no gira	Relé tèrmic saltat	Consum excessiu	Comprovar les connexions de tots els elements	Assegurar i sanejar les connexions deficientes
El compressor no gira	Relé tèrmic saltat	Defectes del contactor	Comprovar que la tensió d'alimentació és correcta	Consultar a la companyia elèctrica
El compressor no gira	Relé tèrmic saltat	Tèrmics inadequats	Rearmar tèrmic, comprovar consum	Substituir el compressor si el consum és alt
El compressor no gira	Circuit bobina amb corrent	Bobina cremada o tallada	Comprovar amb un òhmmetre	Substituir bobina
El compressor no gira	Pressòstat d'alta saltat	Escàs cabal d'aire per condensació	Comprovar sentit de gir del ventilador del condensador, transmissions...	Canviar sentit de gir al motor, tensar corretges i eliminar obstruccions
El compressor no gira	Pressòstat d'alta saltat	Condensador brut	Comprovar que la diferència de temperatura de l'aire de condensació és petita	Netejar el condensador
El compressor no gira	Circuit de bobina sense corrent	Termòstat defectuós	Ajustar els punts superior e inferior o puntejar el termòstat.	Connectar bé o substituir el termòstat
El compressor no gira	Circuit de bobina sense corrent	Pressòstats defectuosos	Comprovar pressions de funcionament.	Substituir el pressòstat
Compressor que treballa intermitentment	Pressòstat de baixa talla i recupera contínuament	Falta de refrigerant	Comprovar pressions i temperatura de funcionament. Observar si hi ha vapor al visor de líquid	Corregir les fugues i completar la càrrega de refrigerant
Compressor que	Pressòstat de	Obstruccions al	Comprovar si al	Netejar i substituir

treballa intermitentment	baixa talla i recupera continuament	circuit	parar el compressor les pressions d'alta i baixa s'igualen lentament	l'element obstruït
Compressor que treballa intermitentment	Pressòstat de baixa talla i recupera continuament	Vàlvula d'expansió tancada	Treure el bulb de l'aspiració, escalfar-lo manualment i observar la vàlvula	Substituir la vàlvula d'expansió si no obre al escalfar-se el bulb
Compressor que treballa intermitentment	Pressòstat de baixa talla i recupera continuament	Escàs cabal d'aire a l'evaporador	Comprovar que el ventilador gira bé i que les aletes estiguin netes	Corregir el sentit de gir. Netejar evaporador.
Compressor gira però la unitat no refreda	Falta refrigerant	Fugues	Comprovar la temperatura de la línia de líquid i el visor de líquid	Corregir les fugues i completar la càrrega de refrigerant
Compressor gira però la unitat no refreda	El compressor no bombeja	Vàlvules de culata trencades o juntes defectuoses	Comprovar reescalfament del compressor, consum i pressions de treball	Substituir compressor
Compressor sorollós	Refrigerant líquid a l'aspiració	Vàlvula d'expansió trencada o oberta	Comprovar pressió i temperatura d'aspiració	Canviar vàlvula d'expansió
Compressor sorollós	Desgast dels rodaments i/o peces internes del compressor	Envelliment dels components mecànics	El compressor treballa correctament tot i que fa massa soroll	Reparar o canviar compressor

*Taula 2.15. Detecció d'averies al compressor*

## 2.4.2. Detecció de funcionament anormal de la instal·lació

Si la unitat té...	La línia d'aspiració estarà...	La línia de descàrrega estarà...	El tub capil·lar estarà...	L'evaporador estarà...	El condensador estarà...	El consum serà...
Càrrega de refrigerant correcta	Freda	Molt calenta	Temperat	Fred	Molt calent	Normal
Falta de refrigerant	Temperada, pròxima a temperatura ambient	Calenta	Temperat	Parcialment temperat a la sortida. Molt fred a l'entrada	Calent	Més baix del normal
Excés de refrigerant	Molt freda. Gel	Temperada / calenta	Fred	Fresc / fred	Lleugerament temprat. Calent	Més del normal

*Taula 2.16. Detecció de funcionament anormal de la instal·lació*



### **3. Plànols**





## Índex plànols

3.1. Esquema dels components de la instal·lació frigorífica.....	203
3.2. Vista de perfil de la situació de l'evaporador dins la cambra frigorífica.....	205
3.3. Dimensions de la sala de màquines.....	207
3.4. Situació dels components principals a la sala de màquines.....	209



## **4. Plec de condicions**



## Índex plec de condicions

4.1. Objectiu del plec de condicions .....	215
4.2. Breu descripció del projecte .....	215
4.3. Elements constitutius del projecte .....	216
4.3.1. Compressor .....	216
4.3.2. Evaporador .....	217
4.3.3. Condensador .....	218
4.3.4. Vàlvula d'expansió.....	219
4.3.5. Panel aïllant sandwich.....	220
4.3.6. Porta de la cambra frigorífica.....	221
4.3.7. Vàlvules manuals.....	221
4.3.8. Vàlvula solenoide .....	222
4.3.9. Vàlvula equilibradora de pressions .....	223
4.3.10. Vàlvula antiretorn .....	224
4.3.11. Filtre mecànic.....	224
4.3.12. Visor de líquid.....	225
4.3.13. Visor d'oli.....	225
4.3.14. Filtre deshidratador.....	226
4.3.15. Manòmetres.....	227
4.3.16. Recipient separador de líquid .....	228
4.3.17. Separador d'oli .....	229
4.3.18. Pressòstat.....	230
4.3.19. Termòstat.....	231
4.3.20. Canonades.....	232
4.3.21. Quadre elèctric de maniobra .....	233
4.3.22. Aïllant de la canonada d'aspiració .....	234
4.3.23. Colzes .....	235
4.3.24. Reduccions .....	235
4.3.25. Suport de canonades.....	236
4.3.26. Control de capacitat del condensador .....	237
4.4. Condicions dels materials. Coure .....	238

4.5. Reglamentació aplicable .....	239
4.6. Assajos, proves i revisions prèvies a la posta en marxa de la instal·lació .....	239
4.6.1. Requisits generals. Assajos.....	239
4.6.2. Assaig de resistència a la pressió dels components.....	240
4.6.2.1. Requisits generals.....	240
4.6.2.2. Fluids per a assajos de resistència a la pressió .....	240
4.6.2.3. Criteris d'acceptació .....	240
4.6.3. Assaig de pressió en les canonades dels sistemes de refrigeració .....	241
4.6.3.1. Preparació per la prova .....	241
4.6.3.2. Proves de pressió per a circuits de fluids secundaris.....	242
4.6.3.3. Manòmetres.....	242
4.6.3.4. Reparació d'unions.....	242
4.6.4. Prova d'estanqueïtat.....	243
4.6.5. Certificats .....	243
4.6.6. Control del conjunt de la instal·lació abans de la posada en marxa .....	244
4.6.6.1. Requisits generals.....	244
4.6.6.2. Revisió per empresa frigorista .....	244
4.6.6.3. Comprovació de la documentació dels equips a pressió .....	244
4.6.6.4. Comprovació dels dispositius de seguretat .....	245
4.6.6.5. Comprovació de la canonada de refrigeració .....	245
4.6.6.6. Càrrega del refrigerant.....	245
4.7. Manteniment .....	246
4.8. Condicions de fabricació i muntatge.....	246
4.9. Garantia.....	247
4.10. Condicions de pagament.....	247
4.10.1. Condicions de pagament.....	247
4.10.2. Augment de preus.....	247
4.10.3. Contribució i impost.....	248
4.11. Responsabilitats .....	248
4.12. Criteris per modificacions .....	248

## **4.1. Objectiu del plec de condicions**

L'objectiu del present document es establir les condicions tècniques, econòmiques, legals i administratives perquè el present projecte pugui desenvolupar-se i materialitzar-se en les condicions especificades.


## **4.2. Breu descripció del projecte**

El projecte consta d'un disseny, per a la posterior construcció, d'una cambra frigorífica, per al refredament de fruita per poder conservar-la.

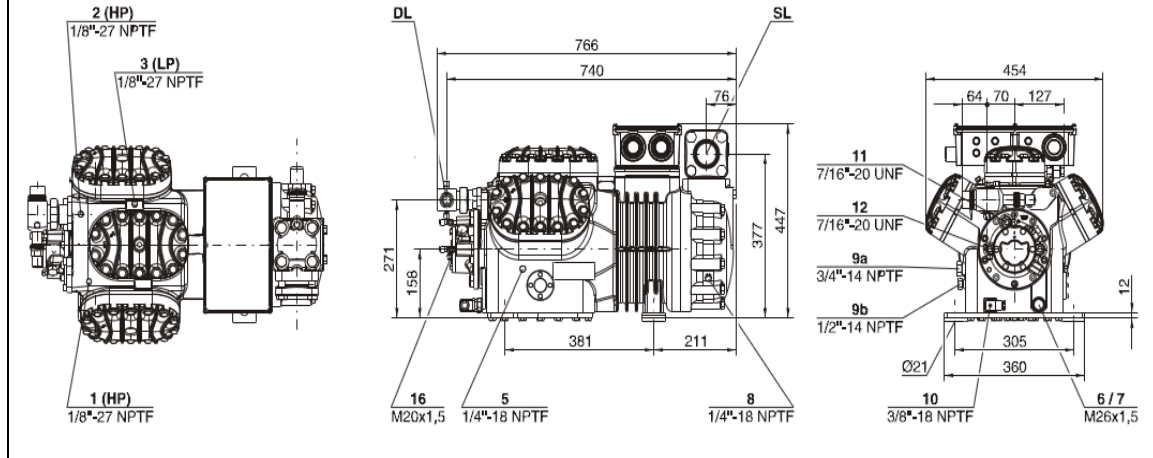
El disseny s'ha emmarcat dins una sèrie de requisits els quals s'han complert satisfactòriament tots ells, seguint tots els criteris de normativa i eficiència energètica possibles.

## 4.3. Elements constitutius del projecte

### 4.3.1. Compressor


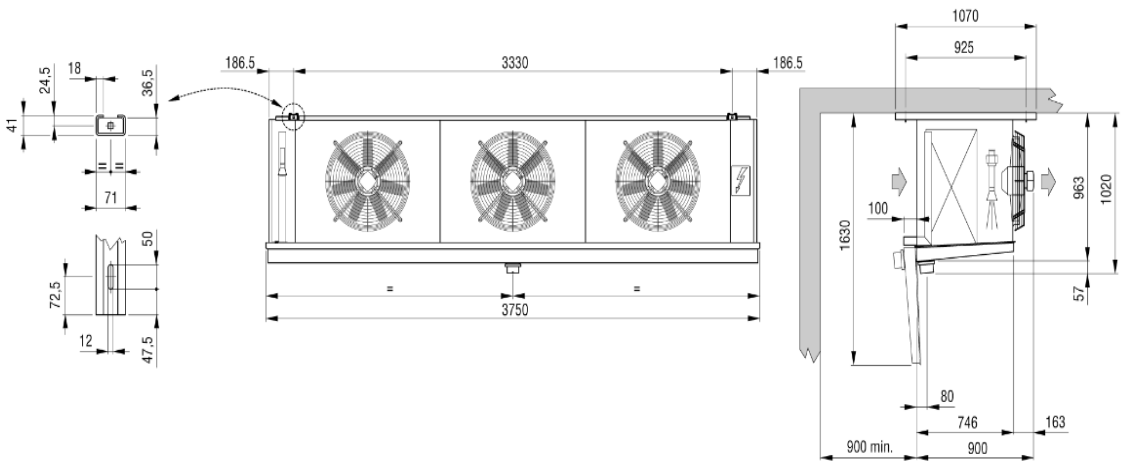
<b>Nom:</b> Compressor	<b>Funció:</b> Comprimir i fer circular el fluid refrigerant
<b>Fabricant:</b> Bitzer	<b>Codi:</b> 122484
<b>Dades tècniques:</b>  Potència consumida= 18,23 kW Cabal màssic= 1246 kg/h Velocitat de rotació= 1450 min <sup>-1</sup> Nombre de cilindres= 6 Diàmetre dels cilindres= 75 mm Carrera dels cilindres= 55 mm Pes del compressor= 228 kg Connexió línia d'aspiració=2 1/8" Connexió línia descàrrega=1 3/8" Càrrega d'oli= 4,75 dm <sup>3</sup>	<b>Imatge:</b>  

#### Dimensions:


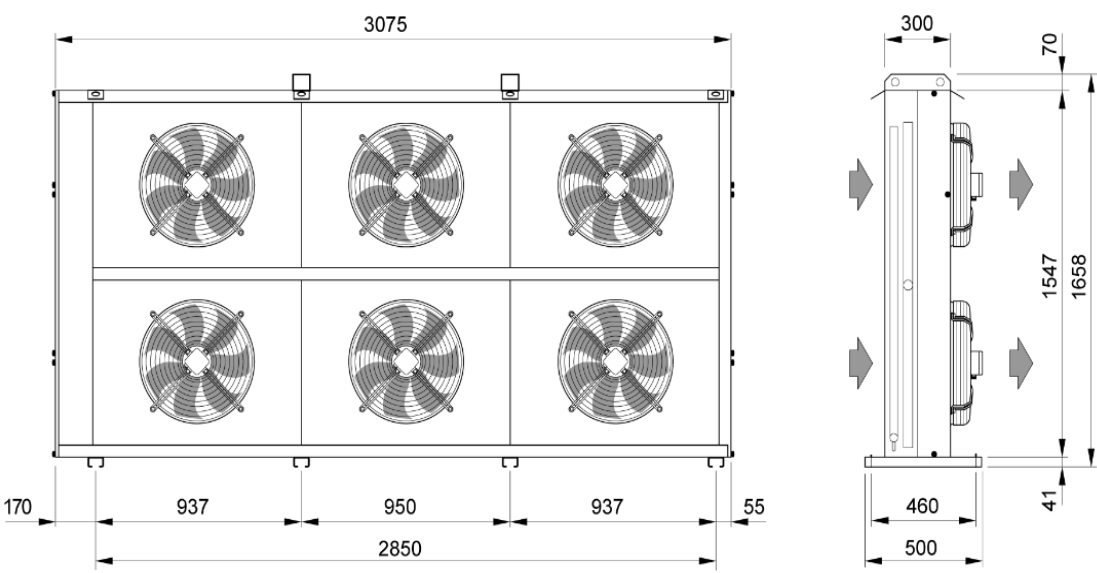




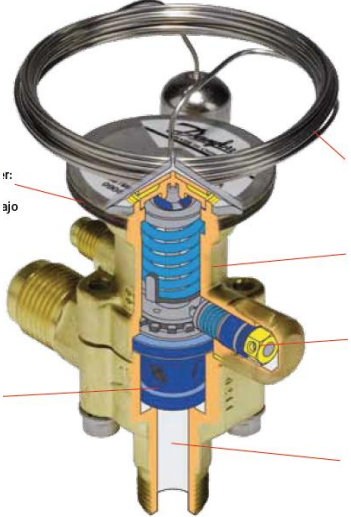
### 4.3.2. Evaporador

<b>Nom:</b> Evaporador	<b>Funció:</b> Refrigerar l'espai interior de la cambra frigorífica, evaporant el refrigerant
<b>Fabricant:</b> ECO	<b>Codi:</b> 301858
<b>Dades tècniques:</b>  Potència consumida=3 kW Potència frigorífica= 48 kW Temperatura d'evaporació= -5 °C Potència desglaç elèctric= 28,8 kW Capacitat de refrigerant= 100 dm <sup>3</sup> Cabal d'aire= 27.000 m <sup>3</sup> /h Pes de l'evaporador= 356 kg Nombre de ventiladors= 3 Velocitat de rotació= 1.220 min <sup>-1</sup> Connexió entrada= 35 mm Connexió sortida= 54 mm Connexió desguàs= 3"	<b>Imatge:</b>  
<b>Dimensions:</b>  	

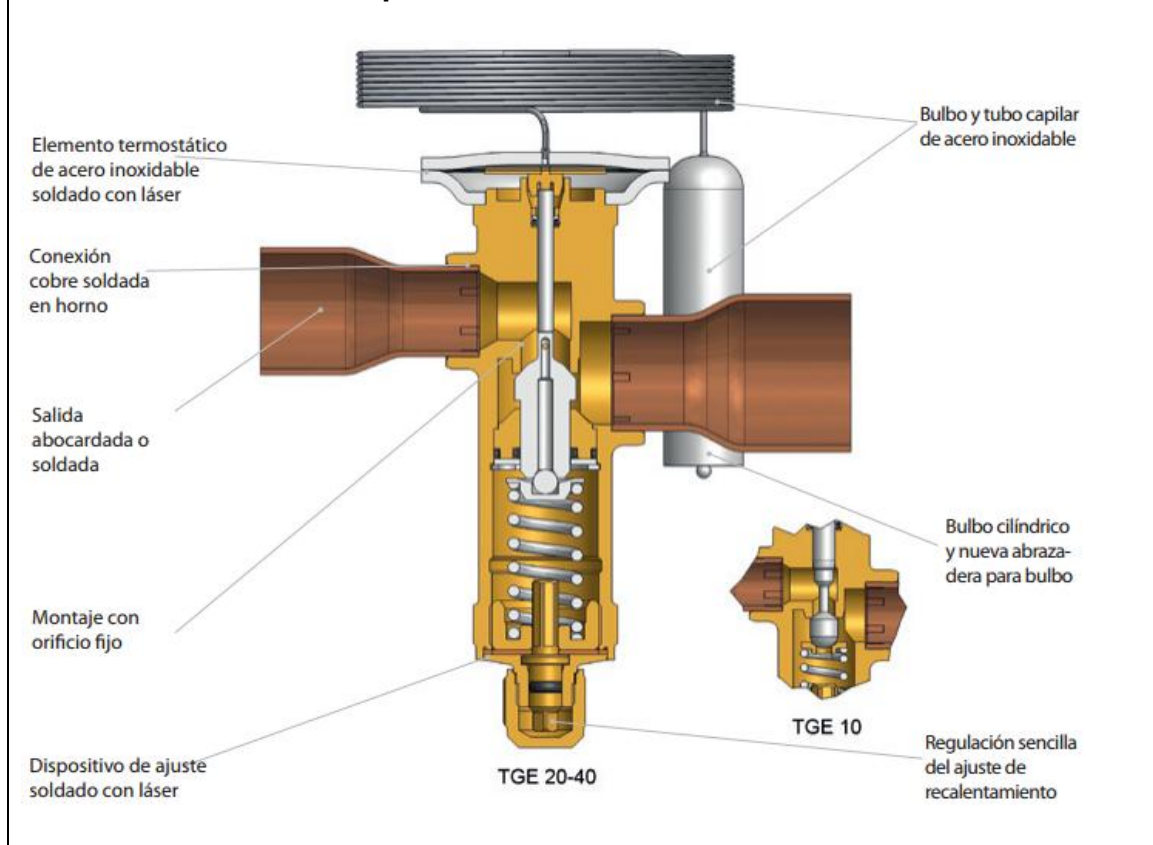
### 4.3.3. Condensador

<b>Nom:</b> Condensador	<b>Funció:</b> Cedir calor a l'aire ambient, provocant la condensació del refrigerant
<b>Fabricant:</b> ECO	<b>Codi:</b> ACE 56B3-SH
<b>Dades tècniques:</b>  Potència consumida= 1,68 kW Potència de condensació= 65,455 kW Temperatura de condensació= 50 °C Capacitat de refrigerant= 42 dm <sup>3</sup> Cabal d'aire= 24.360 m <sup>3</sup> /h Pes del condensador= 273 kg Nombre de ventiladors= 6 Velocitat de rotació= 870 min <sup>-1</sup> Connexió entrada= 54 mm Connexió sortida= 42 mm	<b>Imatge:</b>  
<b>Dimensions:</b>  	

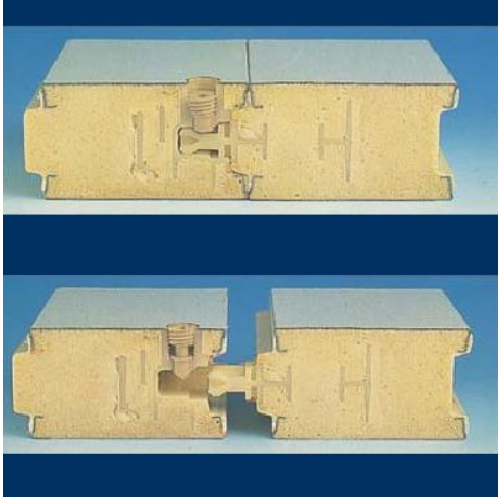
#### 4.3.4. Vàlvula d'expansió

<b>Nom:</b> Vàlvula d'expansió termostàtica	<b>Funció:</b> Provocar una caiguda de pressió al fluid refrigerant, regulant la circulació d'aquest
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> TEN-12
<b>Dades tècniques:</b>  Càrrega MOP: No Rang de treball= -40 / 10 °C Pressió de treball màxima= 28 bar Longitud de tub capil·lar = 3 m Connexió entrada= 7/8" Connexió sortida= 1 1/8" Tipus de connexió: Soldada Tipus de pas: Pas recte	<b>Imatge:</b>  

#### Detall de la vàlvula d'expansió:




#### 4.3.5. Panel aïllant sandwich

<b>Nom:</b> Panel aïllant sandwich	<b>Funció:</b> Aïllar la cambra frigorífica de la temperatura i humitat
<b>Fabricant:</b> Taver	<b>Codi:</b> -
<b>Dades tècniques:</b>  Alçada cambra frigorífica= 5,04 m Amplada cambra frigorífica= 7,02 m Longitud cambra frigorífica= 11,96 m Espessor panels aïllants= 100 mm Material aïllant: espuma poliuretà injectat Rang de treball= -40 / 70 °C Pes del panel= 15 kg/m <sup>2</sup> Coeficient de transferència de calor= 0,24423 W/m <sup>2</sup> ·°C	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 41.950.</li> <li>• UNE-EN 23.727-90, que marca la classificació en prova de reacció al foc (que en relació a aquesta normativa, és M2).</li> <li>• IF-05. Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics</li> </ul>	

#### 4.3.6. Porta de la cambra frigorífica

<b>Nom:</b> Porta de la cambra frigorífica	<b>Funció:</b> Permetre l'entrada i/o sortida de producte a la cambra frigorífica
<b>Fabricant:</b> Taver	<b>Codi:</b> -
<b>Dades tècniques:</b>  Alçada de la porta= 2,50 m Amplada de la porta= 1,65 m Espessor de la porta= 90 mm Coeficient de transferència de calor= 0,2198 W/m <sup>2</sup> ·°C Tipus d'obertura: manual Material guia inferior: Acer inoxidable AISI 304 Tipus de rodaments: A boles, muntats sobre politges en poliamida	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b>  IF-05. Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics	

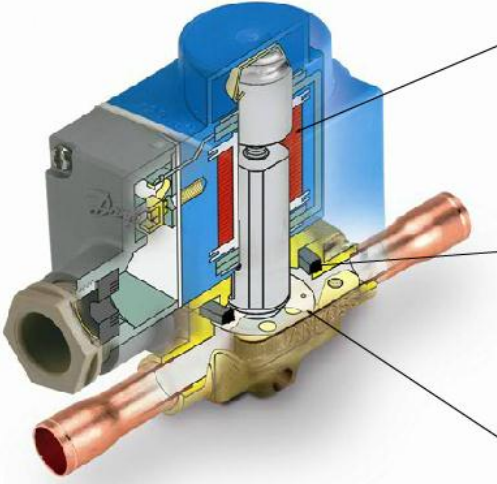
#### 4.3.7. Vàlvules manuals

<b>Nom:</b> Vàlvules manuals	<b>Funció:</b> Interrompre, manualment, la circulació de cabal
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> Vàlvula 1 3/8": 420861 Vàlvula 1 5/8": 420874 Vàlvula 2 1/8": 420875
<b>Dades tècniques:</b>  Pressió màxima= 45 bar Temperatura de treball= -40 / 150 °C Excel·lent tancament hermètic Direcció cabal: Bidireccional Tipus de connexió: Soldar	<b>Imatge:</b> 


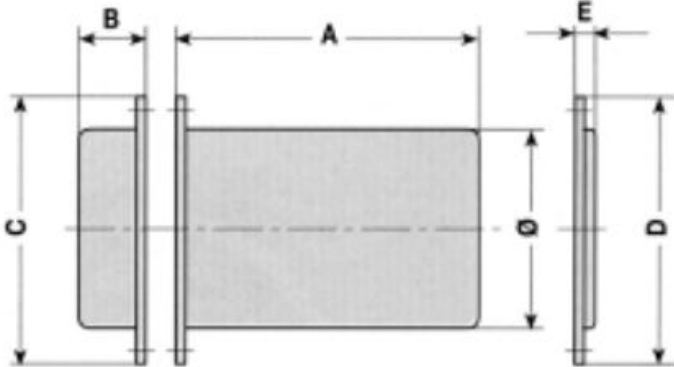
**Normativa aplicable:**

UNE-EN 12284. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat.

**4.3.8. Vàlvula solenoide**

<b>Nom:</b> Vàlvula solenoide	<b>Funció:</b> Comprimir i fer circular el fluid refrigerant
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> 401391
<b>Dades tècniques:</b>  Pes= 1,058 kg Temperatura de treball= -40 / 80 °C Dimensió entrada= 7/8" Dimensió sortida= 7/8" Cabal volumètric màxim= 5.000 m <sup>3</sup> /h Pressió màxima= 32 bar Tipus d'actuador= Bobina elèctrica Potència requerida d'excitació a la bobina= 10/12 W  Funció: Normalment tancada (NC)	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 12284. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat.</li> <li>• Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.</li> </ul>	

### 4.3.9. Vàlvula equilibradora de pressions

<b>Nom:</b> Vàlvula equilibradora de pressions	<b>Funció:</b> Mantenir un equilibri entre l'interior i l'exterior de la cambra frigorífica
<b>Fabricant:</b> Salvador Escoda	<b>Codi:</b> Mini ELEBAR
<b>Dades tècniques:</b>  Cabal d'aire per una diferència de pressió de 33 mm.c.a= 435 dm <sup>3</sup> /min Material: Nylon	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  UNE-EN 12284. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat.	
<b>Dimensions:</b>   <p> A= 73 mm  B= 14 mm  C= 72-85 mm  D= 72-85 mm  E= 6 mm  Ø= 60 mm </p>	

#### 4.3.10. Vàlvula antiretorn


<b>Nom:</b> Vàlvula antiretorn	<b>Funció:</b> Evitar el retorn de refrigerant
<b>Fabricant:</b> Castel	<b>Codi:</b> Vàlvula 1 3/8": 404209 Vàlvula 1 1/8": 404208
<b>Dades tècniques:</b>  Material: Coure Tipus de connexió: Soldada Pressió màxima= 40 bar Màxima caiguda de pressió= 0,1 bar	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b>  UNE-EN 12284. Sistemes de refrigeració i bombes de calor. Vàlvules. Requisits, assajos i marcat.	

#### 4.3.11. Filtre mecànic

<b>Nom:</b> Filtre mecànic d'aspiració	<b>Funció:</b> Filtrar el refrigerant abans de ser aspirat pel compressor
<b>Fabricant:</b> Castel	<b>Codi:</b> 404153
<b>Dades tècniques:</b>  Connexió= 2 1/8" coure Tipus de connexió: Soldada Tipus de filtre: Cartutx ø87 mm	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	



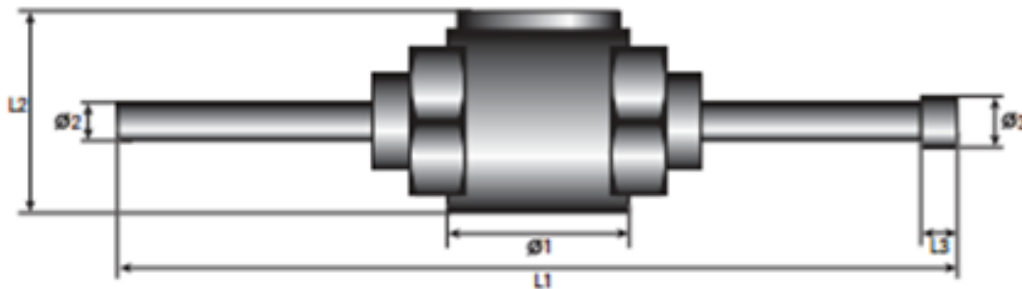
### 4.3.12. Visor de líquid

<b>Nom:</b> Visor de líquid	<b>Funció:</b> Comprovar que el refrigerant estigui en estat de líquid subrefredat
<b>Fabricant:</b> Castel	<b>Codi:</b> 404234
<b>Dades tècniques:</b>  Connexió= 7/8" coure Tipus de connexió: Soldada Incorpora detector d'humitat	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	

### 4.3.13. Visor d'oli


<b>Nom:</b> Visor d'oli	<b>Funció:</b> Comprovar que hi ha retorn d'oli cap al compressor
<b>Fabricant:</b> Carly	<b>Codi:</b> HCYVP 53 S
<b>Dades tècniques:</b>  Connexió= 3/8" coure Tipus de connexió: Soldada Massa= 0,1 kg	<b>Imatge:</b>  

**Dimensions:**



$L_1 = 119 \text{ mm}$   
 $L_2 = 26,5 \text{ mm}$   
 $L_3 = 10 \text{ mm}$   
 $\varnothing_1 = 26 \text{ mm}$


#### 4.3.14. Filtre deshidratador

<b>Nom:</b> Filtre deshidratador	<b>Funció:</b> Eliminar les possibles acumulacions de vapor d'aigua al refrigerant
<b>Fabricant:</b> Castel	<b>Codi:</b> 20540
<b>Dades tècniques:</b>  Connexió= 7/8" Tipus de connexió: Soldada Volum de líquid= 670 cm <sup>3</sup> Pressió màxima de treball= 42 bar Caiguda de pressió= 0,07 bar	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	


### 4.3.15. Manòmetres

<b>Nom:</b> Manòmetres	<b>Funció:</b> Indicar la pressió del refrigerant al sector d'alta i baixa pressió
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> Manòmetre sector baixa: 514037 Manòmetre sector alta: 514038
<b>Dades tècniques manòmetre baixa:</b>  Diàmetre del manòmetre= 63 mm No conté glicerina. Color blau Escala de pressió des del buit fins a 8,5 bars amb amortidors  <b>Dades tècniques manòmetre alta:</b> Diàmetre del manòmetre= 63 mm No conté glicerina. Color vermell Escala de pressió= 0-35 bars	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	

#### 4.3.16. Recipient separador de líquid

<b>Nom:</b> Recipient separador de líquid	<b>Funció:</b> Assegurar l'alimentació de la vàlvula d'expansió únicament amb líquid
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> 341036
<b>Dades tècniques:</b>  Diàmetre= 273 mm Alçada= 1130 mm Visors de líquid incorporats= 3 Vàlvula de seguretat= 3/8 NPT Capacitat de refrigerant= 57 dm <sup>3</sup> Pressió màxima= 30 bar  Connexió entrada (amb colze)= Rotalock 1 3/8"  Connexió sortida (vàlvula)= Rotalock 1 1/8"	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 14276-1:2007+A1. Equips a pressió per sistemes de refrigeració i bombes de calor. Part 1: Recipients. Requisits generals.</li> <li>• Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.</li> </ul>	

#### 4.3.17. Separador d'oli

<b>Nom:</b> Separador d'oli	<b>Funció:</b> Separar l'oli del refrigerant
<b>Fabricant:</b> ESK	<b>Codi:</b> 346120
<b>Dades tècniques:</b>  Connexió= 1 3/8" Tipus de connexió: Soldada Diàmetre= 140 mm Alçada= 553 mm Pèrdua de càrrega< 0,12 bar  Incorpora filtre desmuntable de fibra de fibra de borosilicat d'eficiència 99,997%	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	

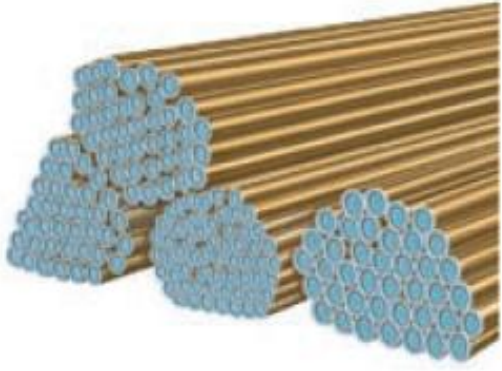
#### 4.3.18. Pressòstat

<b>Nom:</b> Pressòstat combinat	<b>Funció:</b> Controlar i protegir la instal·lació en casos de pressions de treball anòmales
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> 401926
<b>Dades tècniques:</b>  Tipus de reconexió: Automàtica Escala alta pressió= 8 / 32 bar Escala baixa pressió= -0,2 / 7,5 bar Connexió= 1/4" mascle Aplicable en: CFC, HFC i HCFC	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	

#### 4.3.19. Termòstat

<b>Nom:</b> Termòstat (controlador de temperatura)	<b>Funció:</b> Controlar la temperatura de l'interior de la cambra, actuant sobre la vàlvula solenoide de la instal·lació o l'engegada i parada del compressor
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> 084B8502
<b>Dades tècniques:</b>  Alimentació= 230 V Freqüència= 50/60 A Consum= 1,5 VA Entrades analògiques= 2 Entrades digitals= 1 Sortides digitals= 2	<b>Imatge:</b>  
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.	

#### 4.3.20. Canonades

<b>Nom:</b> Xarxa de canonades	<b>Funció:</b> Distribuir el fluid refrigerant
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> Canonada aspiració: 203028 Canonada descàrrega: 203022 Canonada líquid: 203018
<b>Dades tècniques canonada aspiració:</b>  Diàmetre interior= 50 mm Diàmetre exterior= 54 mm Material: Coure desoxidat  <b>Dades tècniques canonada descàrrega:</b>  Diàmetre interior= 25 mm Diàmetre exterior= 28 mm Material: Coure desoxidat  <b>Dades tècniques canonada líquid:</b>  Diàmetre interior= 20 mm Diàmetre exterior= 22 mm Material: Coure desoxidat	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 14276-2:2008+A1. Equips a pressió per sistemes de refrigeració i bombes de calor. Part 2: Xarxes de canonades. Requisits generals.</li> <li>• Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.</li> </ul>	



#### 4.3.21. Quadre elèctric de maniobra

<b>Nom:</b> Quadre elèctric de maniobra	<b>Funció:</b> Controlar el funcionament de la instal·lació frigorífica
<b>Fabricant:</b> AKO	<b>Codi:</b> 440147
<b>Dades tècniques:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seccionador general tetrapolar de tall en càrrega amb comandament frontal.</li> <li>• Pilots de senyalització d'estats i avaries de la unitat condensadora, indicacions del microprocessador.</li> <li>• Arrencador directe amb disjuntor magnetotèrmic per a la unitat condensadora.</li> <li>• Contactor tetrapolar per al circuit de resistències de desgel (20 A en AC-1).</li> <li>• Magnetotèrmic unipolar + neutre general de maniobra.</li> <li>• Borns de connexió a elements de camp en potència i maniobra.</li> <li>• Sinòptic de policarbonat, amb circuit frigorífic i pilots de senyalització d'estats i avaries.</li> </ul>	<b>Imatge:</b> 
<b>Dimensions:</b>  Alçada= 400 mm Amplada= 300 mm Espessor= 140 mm	

#### 4.3.22. Aïllant de la canonada d'aspiració

<b>Nom:</b> Aïllament de la canonada d'aspiració	<b>Funció:</b> Evitar condensacions i altes transmissions de calor
<b>Fabricant:</b> Salvador Escoda	<b>Codi:</b> AI01727
<b>Dades tècniques:</b>  Espessor= 30 mm Temperatura de treball= -40 / 85 °C Coeficient de conductivitat tèrmica a 20 °C= 0,038 W/m·K  Color: negre	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN ISO 12241 Aïllament tèrmic per a equips d'edificació i instal·lacions industrials. Mètode de càlcul.</li> <li>• Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques.</li> </ul>	

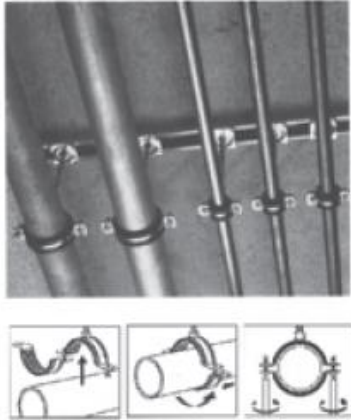
#### 4.3.23. Colzes

<b>Nom:</b> Colzes	<b>Funció:</b> Canviar la direcció de la canonada
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> Colze 2 1/8": 216060 Colze 1 1/8": 216057 Colze 7/8": 216055
<b>Dades tècniques:</b>  Material: Coure Tipus de connexió: Femella  Corba suavitzada per minimitzar les pèrdues de càrrega	<b>Imatge:</b> 


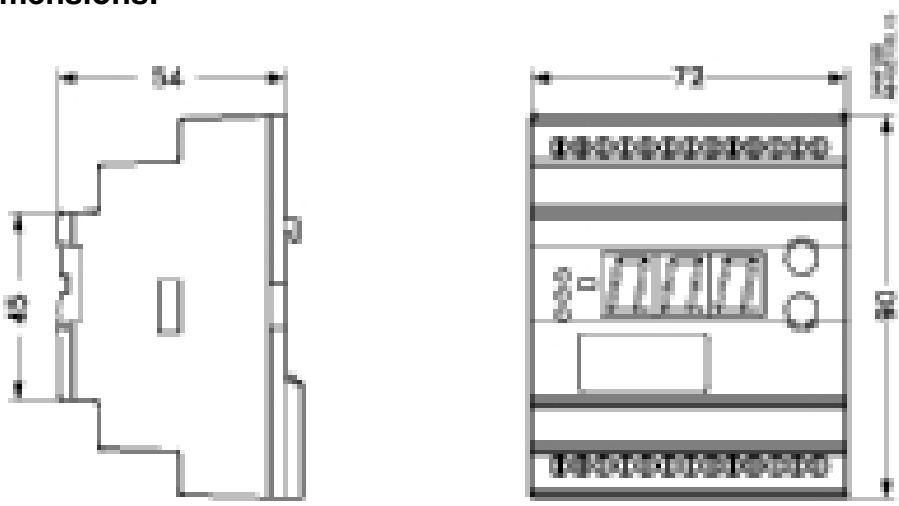
#### 4.3.24. Reduccions

<b>Nom:</b> Reducció	<b>Funció:</b> Variar la secció de les canonades
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> Reducció 1 3/8" – 1 1/8": 216136 Reducció 1 5/8" – 1 3/8": 216142 Reducció 1 1/8" – 7/8": 216130 Reducció 2 1/8" – 1 1/8": 216146
<b>Dades tècniques:</b>  Material: Coure Tipus de connexió: Femella	<b>Imatge:</b> 

#### 4.3.25. Suport de canonades

<b>Nom:</b> Suport de canonades	<b>Funció:</b> Suportar les canonades i absorbir els esforços
<b>Fabricant:</b> Pecomark	<b>Codi:</b> Suport aspiració: 232216 Suport descàrrega: 232212 Suport líquid: 232211
<b>Dades tècniques:</b>  Material: Acer zincat Càrrega màxima de trencament a tracció= 6.000 N Càrrega màxima de seguretat a tracció= 2.000 N	<b>Imatge:</b> 
<b>Normativa aplicable:</b>  Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques. IF-06. Components de les instal·lacions.	

#### 4.3.26. Control de capacitat del condensador

<b>Nom:</b> Control de capacitat del condensador	<b>Funció:</b> Controlar la velocitat dels ventiladors del condensador
<b>Fabricant:</b> Danfoss	<b>Codi:</b> 084B7105
<b>Dades tècniques:</b>  Pes= 0,320 kg Inclou display: Si Nombre màxim de reguladors= 4 Consum= 5 VA Tensió d'alimentació= 230 V Freqüència d'alimentació= 50 / 60 Hz	<b>Imatge:</b> 
<b>Dimensions:</b> 	

## 4.4. Condicions dels materials. Coure

Sol es parlarà del coure ja que és el material més utilitzat i sobre el que ha d'haver-hi un control per determinar les compatibilitats amb els refrigerants, per exemple.

Segons la instrucció “IT-05. Disseny, construcció, materials i aïllament emprats en els components frigorífics”, el coure en contacte amb refrigerants haurà d'estar exempt d'oxigen o serà desoxidat. El coure i els aliatges amb un alt percentatge del mateix no s'hauran d'utilitzar per a elements que continguin amoníac tret que la seva compatibilitat hagi estat prèviament provada.

La taula 4.1 mostra la composició química del coure a utilitzar a la instal·lació frigorífica. La taula 4.2 mostra les característiques mecàniques del coure.

Valor	Cu (%)	P(%) (*)
Min	99,85	0,005
Màx	99,99	0,5

Taula 4.1. Composició química del coure desoxidat

(\*): la concentració de fòsfor varia molt degut a si és coure desoxidat amb baixa quantitat de fòsfor residual o coure desoxidat amb alta quantitat de fòsfor residual.

Dada	Unitat	Valor
Resistència a la tracció	kg/mm <sup>2</sup>	21-24
Límit elàstic	kg/mm <sup>2</sup>	9
Resistència al cisallament	kg/mm <sup>2</sup>	16
Allargament unitari	%	46-47
Mòdul d'elasticitat (Young)	MPa	110.000
Coeficient de Poisson	-	0,34
Mòdul d'elasticitat transversal	MPa	42.500
Duresa Brinell	HB	35

Taula 4.2. Característiques mecàniques del coure

## **4.5. Reglamentació aplicable**

De la reglamentació ja se n'ha parlat en aquest projecte. Concretament a l'aparat 1.4. *Normes i referències*, en que s'ha parlat de tota la normativa referent a seguretat consultada per dur a terme el present projecte.

La reglamentació aplicada al present projecte no ha presentat cap tipus de problema de cara a satisfer les necessitats del client.

## **4.6. Assajos, proves i revisions prèvies a la posta en marxa de la instal·lació**

### **4.6.1. Requisits generals. Assajos**

Abans de la posada en servei d'un sistema de refrigeració tots els seus components o el conjunt de la instal·lació hauran de sotmetre's als següents assajos:

1. Assaig de resistència a la pressió.
2. Assaig d'estanqueïtat.
3. Assaig funcional de tots els dispositius de seguretat.
4. Assaig de conformitat del conjunt de la instal·lació.

Durant els assajos, les connexions i unions hauran de ser accessibles per a la seva comprovació.

Després de les proves de pressió i estanqueïtat i abans de la primera posada en servei de la instal·lació haurà de procedir-se a realitzar un assaig funcional de tots els circuits de seguretat.

Els resultats dels assajos hauran de ser enregistrats.

## **4.6.2. Assaig de resistència a la pressió dels components**

### *4.6.2.1. Requisits generals*

D'acord amb els requisits de la taula 2 de la instrucció tècnica IF-06, tots els components hauran de ser sotmesos a una prova de resistència, bé abans de sortir de fàbrica o en defecte d'això en el lloc d'emplaçament.

Els indicadors de pressió i dispositius de control podran ser provats a pressions inferiors, però no per sota d'1,1 vegades la pressió màxima admissible.

### *4.6.2.2. Fluids per a assajos de resistència a la pressió*

L'assaig de resistència a la pressió haurà de ser de tipus hidràulic utilitzant aigua o un altre líquid no perillós adequat, excepte quan per raons tècniques, el component no hagi de provar-se amb líquid; en tal cas podrà utilitzar-se per a l'assaig un gas que no sigui perillós i sigui compatible amb el refrigerant i els materials del sistema. No es permet l'ocupació de refrigerants fluorats en aquest tipus d'assajos.

### *4.6.2.3. Criteris d'acceptació*

Com a resultat d'aquestes proves no hauran de generar-se deformacions permanents, excepte que la deformació per pressió sigui necessària per a la fabricació dels components, per exemple durant l'expansió i soldadura d'un evaporador multi tubular. En aquest cas es considerarà necessari que el component estigui calculat per resistir, sense trencament, una pressió com a mínim tres vegades la de disseny del mateix.



### **4.6.3. Assaig de pressió en les canonades dels sistemes de refrigeració**

Les canonades d'interconnexió dels sistemes frigorífics seran sotmeses a una prova pneumàtica a 1,1 la pressió màxima admissible. Prèviament s'hauran de dur a terme assajos no destructius.

Totes aquestes proves hauran de ser realitzades per una empresa frigorista.

#### *4.6.3.1. Preparació per la prova*

Les juntes sotmeses a la prova hauran d'estar perfectament visibles i accessibles, així com lliures d'òxid, brutícia, oli, o altres materials estranys. Les juntes solament podran ser pintades i aïllades o cobertes una vegada provades.

El sistema haurà de ser inspeccionat visualment abans d'aplicar la pressió per comprovar que tots els elements estan connectats entre si de forma estanca. Tots els components no subjectes a la prova de pressió hauran de ser desconnectats o aïllats mitjançant vàlvules, brides cegues, taps o qualsevol altre mitjà adequat.

Haurà de realitzar-se una prova prèvia a una pressió d'1,5 bar abans d'altres proves a fi de localitzar i corregir fugides importants.

La temperatura de les canonades durant la prova haurà de mantenir-se per sobre de la temperatura de transició dúctil-fràgil.

Es prendran totes les precaucions adequades per protegir al personal contra el risc de trencament dels components del sistema durant la prova pneumàtica. Els mitjans utilitzats per subministrar la pressió de prova hauran de disposar o bé d'un dispositiu limitador de pressió o d'un dispositiu de reducció de pressió i d'un dispositiu d'alleujament de pressió i un manòmetre en la sortida. El dispositiu d'alleujament de pressió haurà de ser ajustat a una pressió superior a la pressió de prova, però prou baixa per prevenir deformacions permanents en els components del sistema.

La pressió en el sistema haurà de ser incrementada gradualment fins a un 50% de la pressió de prova, i posteriorment per graons d'aproximadament un dècim de la pressió de prova fins a aconseguir el 100% d'aquesta. La pressió

de prova haurà de mantenir-se en el valor requerit durant almenys 30 minuts. Després haurà de reduir-se fins a la pressió de prova d'estanqueïtat.

Les juntes mecàniques en les quals s'hagin inserit brides cegues o taps per tancar el sistema o per facilitar el desmuntatge de components durant la prova no precisaran ser provades a pressió després de desmuntar la brida cega o tap, a condició que posteriorment passin una prova d'estanqueïtat.

La prova podrà realitzar-se per parts aïllables del sistema a mesura que el seu muntatge es vagi acabant.

#### *4.6.3.2. Proves de pressió per a circuits de fluids secundaris*

Els sistemes de canonades dels fluids secundaris hauran de ser sotmesos a una prova (hidràulica o pneumàtica) amb una pressió del 15% sobre la de disseny. La pressió en el punt més baix no haurà de superar el 90% del límit elàstic ni 1,7 vegades la tensió admissible per a materials fràgils.

#### *4.6.3.3. Manòmetres*

La precisió dels manòmetres haurà de ser comprovada abans de la seva utilització en la prova per comparació amb un manòmetre patró degudament calibrat.

#### *4.6.3.4. Reparació d'unions*

Totes les unions que presentin fugides hauran de ser reparades.

Les unions per soldadura forta que presentin fugues hauran de ser refetes, i no es podran reparar utilitzant soldadura tova.

Les unions per soldadura tova podran ser reparades netejant la zona defectuosa i tornant a preparar la superfície i soldar.

Els sectors de les unions soldades que s'hagin detectat com a defectuosos durant la realització dels assajos no destructius, hauran de sanejar-se i soldar-se de nou.

Les unions reparades s'hauran de provar novament.

#### **4.6.4. Prova d'estanqueïtat**

El sistema de refrigeració haurà de ser sotmès a una prova d'estanqueïtat ben com a conjunt o per sectors.

Per als sistemes compactes, semi compactes i d'absorció hermètics, aquesta prova d'estanqueïtat s'efectuarà en fàbrica.

Per a la prova d'estanqueïtat s'utilitzaran diverses tècniques depenent de les condicions de producció, per exemple, gas inert a pressió, buit, gasos traçadores, etc. El mètode utilitzat serà supervisat per l'instal·lador frigorista.

#### **4.6.5. Certificats**

Les proves de pressió que es realitzin en obra així com les proves d'estanqueïtat realitzades, tant en els equips construïts en fàbrica com en les instal·lacions frigorífiques realitzades "in situ", es duran a terme per empresa frigorista i quan es tracti de canonades establertes segons l'article 3 del Reial decret 769/1999, de 7 de maig, que dicta disposicions d'aplicació de la Directiva 97/23/CE del Parlament Europeu i del Consell, relativa a equips a pressió, s'emetrà el preceptiu certificat de conformitat de l'equip.

Totes aquestes proves es realitzaran sota la responsabilitat de l'empresa frigorista i, si escau, del tècnic competent director de l'obra de la instal·lació frigorífica, els quals una vegada realitzades satisfactòriament, estendran el corresponent certificat.

## **4.6.6. Control del conjunt de la instal·lació abans de la posada en marxa**

### *4.6.6.1. Requisits generals*

Abans de posar en funcionament un sistema de refrigeració s'haurà de comprovar el mateix íntegrament. Es verificarà que la instal·lació està d'acord amb els plànols constructius, els diagrames de flux, canonades i instrumentació, control i esquemes elèctrics.

### *4.6.6.2. Revisió per empresa frigorista*

El control dels sistemes de refrigeració per empresa frigorista haurà d'incloure els següents punts:

1. Comprovació de la documentació dels equips a pressió.
2. Comprovació de l'equip de seguretat.
3. Comprovació que les soldadures de les canonades són conformes amb els procediments aprovats.
4. Comprovació de les canonades.
5. Verificació de l'acta de la prova d'estanqueïtat del sistema de refrigeració.
6. Verificació visual del sistema de refrigeració.

### *4.6.6.3. Comprovació de la documentació dels equips a pressió*

La documentació haurà de comprovar-se amb la finalitat d'assegurar que els equips a pressió del sistema de refrigeració compleixen amb els requisits, codis de disseny i altres normatives reguladores apropiades de la legislació existent.

#### *4.6.6.4. Comprovació dels dispositius de seguretat*

##### **Comprovació de la seva instal·lació**

Es comprovarà que els dispositius de seguretat requerits per al sistema de refrigeració estan instal·lats i es troben en condicions de funcionament, i que s'ha triat la pressió de tara adequada per garantir la seguretat del sistema.

##### **Conformitat amb la normativa corresponent**

S'haurà de comprovar que els dispositius de seguretat compleixen amb les normes corresponents i que han estat provats i certificats pel fabricant.

Això no implicarà que cada dispositiu hagi de tenir un certificat propi.

##### **Dispositius de seguretat per limitar la pressió**

S'haurà de comprovar, on correspongui, que els dispositius de seguretat per limitar la pressió funcionen i estan muntats correctament.

##### **Vàlvules de seguretat exteriors**

Les vàlvules de seguretat amb descàrrega a l'exterior s'hauran de comprovar per assegurar que s'ha marcat la pressió de tara correcta o la que s'especifica en la placa de característiques.

#### *4.6.6.5. Comprovació de la canonada de refrigeració*

Haurà de comprovar-se que les canonades del sistema de refrigeració han estat instal·lades d'acord amb els plànols, especificacions i normes que siguin aplicables.

#### *4.6.6.6. Càrrega del refrigerant*

En la present instal·lació, es carregarà el refrigerant pel sector de baixa en fase vapor.

Cap ampolla de refrigerant líquid haurà d'estar connectada o deixar-se permanentment connectada a la instal·lació fora de les operacions de càrrega i descàrrega del refrigerant.

## **4.7. Manteniment**

La cambra frigorífica no requereix un manteniment gaire important.

Un cop a l'any, preferiblement abans de començar l'estiu (època de funcionament de la cambra frigorífica) s'ha de comprovar el funcionament de la instal·lació frigorífica. El que s'ha de comprovar és el següent:

- Estat de la maquinària (compressor, condensador...).
- Nivell de refrigerant (reposar-n'hi s'hi es necessita).
- Nivell d'oli al compressor.
- Pressions i temperatures de treball.
- Bon funcionament del quadre elèctric de maniobra (observar que no hi apareixen senyals d'averia).

En definitiva, s'ha de posar en funcionament la instal·lació i comprovar que tots els components funcionen amb total normalitat.

La empresa que haurà de fer les revisions ha de ser una empresa frigorista i els criteris de revisió han de ser els corresponents a la instrucció tècnica complementària IF-14 i IF-17.

## **4.8. Condicions de fabricació i muntatge**

En aquest cas la fabricació i muntatge el duran a terme empreses alienes, les quals hauran de complir amb els requisits preestablerts en els plànols. Qualsevol peça, la qual no compleixi alguns dels requisits, el fabricant s'ha de fer càrrec de subministrar una de nova o modificar la peça defectuosa fins complir els requisits. També és fa càrrec del retràs en l'entrega en cas de produir-se per aquest motiu.

També haurà de controlar la qualitat dels materials a utilitzar, i ésser conscient dels requeriments d'aquestes especificats en el principi del plec de condicions.

Respecte al procés de soldat (a la xarxa de canonades), a la zona on s'ha utilitzat aquest procés, caldrà comprovar que no s'hagin provocat fissures i l'estat d'acabament hagi sigut l'indicat.

## **4.9. Garantia**

Les empreses fabricants garanteixen el correcte funcionament de tots els elements que elaboren (condicionada en el muntatge de tots els elements, segons les especificacions) durant el període de dos anys, a partir del lliurament de la mateixa, contra qualsevol defecte de construcció o muntatge, degudament comprovat.

Aquesta garantia inclou únicament la substitució de les peces o elements que resultin defectuosos, excloïen així la mà d'obra.

L'empresa fabricant no es responsabilitzarà, sota cap circumstància, de les conseqüència que es poden derivar d'una intrusió de l'usuari o un mal ús de la mateixa.

No estan incloses en la garantia els desperfectes o avaries per desgast normal, o negligència en la utilització i manipulació de la màquina.

## **4.10. Condicions de pagament**

### **4.10.1. Condicions de pagament**

En el període o contacte realitzat entre el fabricant i el comprador, i d'acord amb el projecte, es fixarà la forma de pagament. Es determinaran els percentatges de pagaments, una part a la firma del contracte per la compra dels materials i l'altra part al lliurament de l'equip.

### **4.10.2. Augment de preus**

Si durant el període de fabricació de la cambra frigorífica és produeix un augment en el preu de qualsevol dels materials utilitzats, s'aplicarà la revisió oportuna sense que sigui superior a un determinat percentatge del import indicat en el pressupost del contracte. Per aquest motiu i per si sorgeix un imprevist d'afegir algun material no comptat en el pressupost, en el cost total d'aquest s'aplicarà un percentatge d'augment.

### **4.10.3. Contribució i impost**

Tots els impostos o contribucions als que doni lloc la màquina, correran a compte del comprador i si algun d'ells no és satisfet pel comprador, el fabricant queda autoritzant per a exigir el pagament corresponent al comprador.

Així mateix, el comprador haurà d'afrontar les possibles sancions a que donin lloc un possible retard en el pagament dels mateixos.

## **4.11. Responsabilitats**

És responsabilitat del fabricant el correcte subministrament dels components fabricats per ell seguint les comprovacions establertes. Serà responsabilitat seva si no s'utilitzen els materials o no es compleix amb les mesures preestablertes en aquest projecte.

El propietari de la cambra frigorífica té, si ho creu necessari, la capacitat d'exigir al fabricant o les empreses muntadores el correcte funcionament del mecanisme, obligant-los a realitzar els canvis pertinents per solucionar el problema.

És responsabilitat del fabricant complir tota la normativa aplicable en els termes de seguretat en la normativa de muntatge, per aquelles empreses encarregades per dur a terme aquests processos. D'igual manera totes les parts hauran de disposar de tots els permisos i llicències necessàries que els acrediti la seva capacitat per realitzar els treballs encomanats.

## **4.12. Criteris per modificacions**

En el cas d'haver de canviar algun component de compra per finalització d'estoc, canviar de subministrador o per la impossibilitat de no poder realitzar algun procés de fabricació d'algun determinat element o una pujada sobtada del seu cost, caldrà revisar el projecte fent un estudi del present projecte i adaptar-lo a les modificacions pertinents.





## **5. Estat de mesuraments**



## Índex estat de mesuraments

5.1. Relació de partides .....	253
5.1.1. Partida 1 .....	253
5.1.2. Partida 2 .....	253
5.1.3. Partida 3 .....	254
5.1.4. Partida 4 .....	255

## 5.1. Relació de partides

En l'estat de mesuraments es defineixen i determinen les unitats de cada partida que formen configuren la totalitat del conjunt del projecte. S'estableixen unitats així com la definició dels elements de cada partida. Les següents partides en que se desglossa el projecte són les següents:

1. Partida 1: compresa pels panels aïllants i la porta, subministrats per l'empresa Taver.
2. Partida 2: formada pels components principals de la cambra frigorífica.
3. Partida 3: formada pels components secundaris de la cambra frigorífica (valvuleria, recipients, controladors, etc).
4. Partida 4: compresa per la xarxa de canonades i els seus accessoris.

### 5.1.1. Partida 1

#### Aïllament

Descripció	Dimensions (m)	Material	Fabricant	Unitats
Aïllament de la paret llarga	11,96x5,04x0,1	Espuma poliuretà	Taver	2
Aïllament de la paret curta	7,02x5,04x0,1	Espuma poliuretà	Taver	2
Porta	2,50x1,65x0,09	Espuma poliuretà	Taver	1

Taula 5.1. Partida 1. Aïllament

### 5.1.2. Partida 2

#### Components principals

Descripció	Codi	Fabricant	Unitats
Compressor	122484	Bitzer	1
Reg. capacitat compressor	147238	Bitzer	1
Ventilador culata compressor	147208	Pecomark	1
Arrencada en buit compressor	147244	Bitzer	1
Calefactor càrter compressor	147118	Bitzer	1
Evaporador	301858	ECO	1

Condensador	ACE 56B3-SH	ECO	1
Conjunt d'orifici vàlvula expansió	TEN 12-13.5	Danfoss	1
Element termostàtic vàlv. d'expansió	TEN-12	Danfoss	1
Cos de la vàlvula d'expansió	TE-12	Danfoss	1

*Taula 5.2. Partida 2. Components principals*

### 5.1.3. Partida 3

#### Components secundaris

Descripció	Codi	Material	Fabricant	Unitats
Vàlvula bola 1 3/8"	420861	Acer	Danfoss	2
Vàlvula bola 1 5/8"	420874	Acer	Danfoss	1
Vàlvula bola 2 1/8"	420875	Acer	Danfoss	3
Vàlvula equilibradora pressions	Mini ELEBAR	Nylon	Salvador Escoda	1
Vàlvula antiretorn 1 3/8"recta i soldada	404209	Coure	Castel	1
Vàlvula antiretorn 1 1/8"recta i soldada	404208	Coure	Castel	1
Vàlvula solenoide	401391	Coure	Danfoss	1
Bobina vàlvula solenoide	401413	-	Danfoss	1
Filtre mecànic	404153	Connexió coure	Castel	1
Visor de líquid	404234	Coure	Castel	1
Visor d'oli	HCYVP 53 S	Coure	Carly	1
Filtre deshidratador	20540	Connexió coure	Castel	1
Manòmetre sector baixa	514037	Sense glicerina	Pecomark	1
Manòmetre sector alta	514038	Sense glicerina	Pecomark	1
Recipient separador de líquid	341036	Acer	Pecomark	1
Separador d'oli	346120	Fibra de borosilicat	ESK	1
Pressòstat combinat	401926	-	Danfoss	1
Termòstat (controlador de temperatura)	084B8502	-	Danfoss	1
Quadre elèctric de maniobra	440147	-	AKO	1

Regulador capacitat condensador	084B7105	-	Danfoss	1
Aïllant canonada aspiració	AI01727	Espuma elastomèrica	Salvador Escoda	1

*Taula 5.3. Partida 3. Components secundaris*

#### 5.1.4. Partida 4

##### Canonades i accessoris

Descripció	Codi	Material	Fabricant	Unitats
Colze 2 1/8"	216060	Coure	Pecomark	2
Colze 1 1/8"	216057	Coure	Pecomark	2
Colze 7/8"	216055	Coure	Pecomark	2
Reducció 1 3/8" – 1 1/8"	216136	Coure	Pecomark	2
Reducció 1 5/8" – 1 3/8"	216142	Coure	Pecomark	1
Reducció 1 1/8" – 7/8"	216130	Coure	Pecomark	1
Reducció 2 1/8" – 1 1/8"	216146	Coure	Pecomark	1
Suport canonada aspiració	232216	Acer	Pecomark	4
Suport canonada descàrrega	232212	Acer	Pecomark	2
Suport canonada líquid	232211	Acer	Pecomark	4
Canonada aspiració	203028	Coure	Pecomark	2
Canonada descàrrega	203022	Coure	Pecomark	1
Canonada líquid	203018	Coure	Pecomark	2

*Taula 5.4. Partida 4. Canonades i accessoris*





## **6. Pressupost**



## Índex pressupost

6.1. Avaluació econòmica del projecte .....	260
6.1.1. Costos dels materials i components.....	260
6.1.1.1 Panels aïllants.....	260
6.1.1.2. Components principals.....	260
6.1.1.3. Components secundaris.....	261
6.1.1.4. Canonades i accessoris.....	262
6.1.1.5. Costos totals de material .....	262
6.1.2. Costos de muntatge .....	262
6.1.2.1. Muntatge dels panels aïllants .....	262
6.1.2.2. Muntatge dels components .....	263
6.1.2.3. Construcció de la sala de màquines .....	263
6.1.2.4. Costos totals dels serveis subcontractats .....	263
6.1.3. Pressupost total .....	263

## 6.1. Avaluació econòmica del projecte

A continuació s'avaluarà el cost total del projecte. Aquest és la suma del cost de construcció (sala de màquines), compra i muntatge dels components de la cambra frigorífica. Es segueix el mateix ordre que a l'estat d'amidaments.

### 6.1.1. Costos dels materials i components

#### 6.1.1.1 Panels aïllants

Descripció	Dimensions (m)	Superfície (m <sup>2</sup> )	Preu	Preu total (€)
Aïllament de la paret llarga	11,96x5,04x0,1	60,28	39,5€/m <sup>2</sup>	2381,06
Aïllament de la paret curta	7,02x5,04x0,1	35,38	39,5€/m <sup>2</sup>	1397,51
Porta	2,50x1,65x0,09	-	773 €/unitat	773
Total				4551,57

Taula 6.1. Cost dels panels aïllants

#### 6.1.1.2. Components principals

Descripció	Codi	Fabricant	Unitats	Preu (€/unitat)	Preu total(€)
Compressor	122484	Bitzer	1	6.965	6.965
Reg. capacitat compressor	147238	Bitzer	1	315	315
Ventilador culata compressor	147208	Pecomark	1	286	286
Arrencada en buit compressor	147244	Bitzer	1	359	359
Calefactor càrter compressor	147118	Bitzer	1	77	77
Evaporador	301858	ECO	1	10.956	10.956
Condensador	ACE 56B3-SH	ECO	1	5.118	5.118
Conjunt d'orifici vàlvula expansió	TEN 12-13.5	Danfoss	1	17	17
Element termostàtic vàlv. d'expansió	TEN-12	Danfoss	1	53,55	53,55
Cos de la vàlvula	TE-12	Danfoss	1	25,20	25,20

d'expansió					
Total					24.171,75

*Taula 6.2. Cost dels components principals*

### 6.1.1.3. Components secundaris

Descripció	Codi	Fabricant	Unitats	Preu (€/unitat)	Preu total(€)
Vàlvula bola 1 3/8"	420861	Danfoss	2	136,3	272,60
Vàlvula bola 1 5/8"	420874	Danfoss	1	153,8	153,80
Vàlvula bola 2 1/8"	420875	Danfoss	3	243,6	730,8
Vàlvula equilibradora pressions	Mini ELEBAR	Salvador Escoda	1	313	313
Vàlvula antiretorn 1 3/8" recta i soldada	404209	Castel	1	79,4	79,40
Vàlvula antiretorn 1 1/8" recta i soldada	404208	Castel	1	54,8	54,80
Vàlvula solenoide	401391	Danfoss	1	182,90	182,90
Bobina vàlvula solenoide	401413	Danfoss	1	36,90	36,90
Filtre mecànic	404153	Castel	1	82,60	82,60
Visor de líquid	404234	Castel	1	27,40	27,40
Visor d'oli	HCYVP 53 S	Carly	1	18	18
Filtre deshidratador	20540	Castel	1	29,10	29,10
Manòmetre sector baixa	514037	Pecomark	1	10	10
Manòmetre sector alta	514038	Pecomark	1	10	10
Recipient separador de líquid	341036	Pecomark	1	574	574
Separador d'oli	346120	ESK	1	600	600
Pressòstat combinat	401926	Danfoss	1	70,40	70,40
Termòstat (controlador de temperatura)	084B85 02	Danfoss	1	63,40	63,40
Quadre elèctric de maniobra	440147	AKO	1	1.154	1.154
Regulador capacitat condensador	084B71 05	Danfoss	1	88,60	88,60
Aïllant canonada aspiració	AI01727	Salvador Escoda	1	40,11	40,11
Total					4591,81

*Taula 6.3. Cost dels components secundaris*

#### 6.1.1.4. Canonades i accessoris

Descripció	Codi	Fabricant	Unitats	Preu (€/unitat)	Preu total(€)
Colze 2 1/8"	216060	Pecomark	2	28,10	56,20
Colze 1 1/8"	216057	Pecomark	2	136,30	272,60
Colze 7/8"	216055	Pecomark	2	4,22	8,44
Reducció 1 3/8" – 1 1/8"	216136	Pecomark	2	5,30	10,60
Reducció 1 5/8" – 1 3/8"	216142	Pecomark	1	9,33	9,33
Reducció 1 1/8" – 7/8"	216130	Pecomark	1	3,80	3,80
Reducció 2 1/8" – 1 1/8"	216146	Pecomark	1	14,80	14,80
Suport canonada aspiració	232216	Pecomark	4	1,75	7
Suport canonada descàrrega	232212	Pecomark	2	1,30	2,60
Suport canonada líquid	232211	Pecomark	4	1,25	5
Canonada aspiració	203028	Pecomark	2	10	20
Canonada descàrrega	203022	Pecomark	1	6	6
Canonada líquid	203018	Pecomark	2	5	10
Total					426,37

*Taula 6.4. Cost de les canonades i accessoris*

#### 6.1.1.5. Costos totals de material

Materials i components	Cost (€)
Aïllament cambra frigorífica	4551,57
Components principals	24.171,75
Components secundaris	4591,81
Canonades i accessoris	426,37
Total	33.371,50

*Taula 6.5. Costos totals de material*

### 6.1.2. Costos de muntatge

#### 6.1.2.1. Muntatge dels panels aïllants

Superfície (m <sup>2</sup> )	Preu transport (€/m <sup>2</sup> )	Preu instal·lació (€/m <sup>2</sup> )	Total (€)
95,66	1,5	8	908,77

*Taula 6.6. Costos de muntatge dels panels aïllants*

### 6.1.2.2. Muntatge dels components

Hores de muntatge (h)	Preu per hora (€/h)	Cost de muntatge (€)
24	28	672

*Taula 6.7. Costos de muntatge dels components*

### 6.1.2.3. Construcció de la sala de màquines

S'estima la construcció de la sala de màquines amb un cost de **600€**.

### 6.1.2.4. Costos totals dels serveis subcontractats

Servei	Cost (€)
Panels aïllants	908,77
Components	672
Sala de màquines	600
Total	2.180,77

*Taula 6.8. Costos totals dels serveis subcontractats*

### 6.1.3. Pressupost total

Operació	Cost (€)
Materials i components	33.741,50
Serveis subcontractats	2.180,77
Suma	35.922,27
5% despeses generals	1.796,11
8% honoraris personals	2.873,78
Suma	40.592,16
21% IVA	8.524,35
<b>TOTAL PRESSUPOST</b>	<b>49.116,51</b>

*Taula 6.9. Pressupost total*